ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

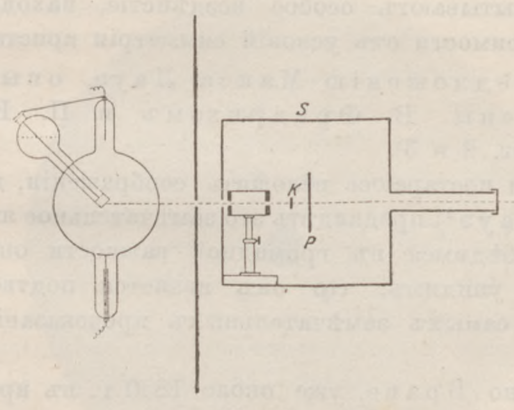
1913 Г. ТОМЪ 14. № 6.

Интерференція рентгеновскихъ лучей и видимость кристаллографической пространственной рѣшетки.

Генриха Леви[1]).

Недавно въ институтѣ теоретической физики при Мюнхенскомъ университетѣ былъ произведенъ слѣдующій опытъ: черезъ кристаллъ пропускались (фиг. 1) рентгеновскіе лучи, параллельно его оси симметріи, которые затѣмъ попадали на фотографическую пластинку.

Послѣ выдержки въ теченіе нѣсколькихъ часовъ на пластинкѣ былъ обнаруженъ, кромѣ мѣста непосредственнаго проникновенія лучей, прошедшихъ сквозь кристаллъ, еще



Фиг. 1.
S—предохранительная камера; *K*—кристаллическая пластинка; *P*—фотографическая пластинка.

цѣлый рядъ меньшихъ пятенъ, расположенныхъ съ извѣстной правильностью, въ зависимости отъ симметрическихъ свойствъ

[1]) Dr. Heinrich Löwy. Die Naturwissenschaften. № 5. 1913.

кристалла. На фиг. 2-й изображенъ ходъ лучей черезъ кристаллъ съ осью 4-го порядка, на фиг. 3-й—съ осью 3-го порядка.

Ось считается 3-го, 4-го или вообще n-го порядка, если кристаллическій многогранникъ нужно, для совпаденія съ первоначальнымъ положеніемъ, повернуть вокругъ оси на $\frac{360}{3}$, $\frac{360}{4}$ или вообще на $\frac{360}{n}$ градусовъ. Дѣйствительно, на приведенныхъ фотограммахъ мы видимъ симметрію кристаллическихъ осей 4-го и 3-го порядка: на фиг. 2-й каждая точка совпадаетъ съ соотвѣтствующей ей при вращеніи рисунка на $\frac{360}{4} = 90^0$; на фиг. 3-й при вращеніи на $\frac{360}{3} = 120^0$.

Если ось кристалла слегка сдвинута около направленія падающаго луча, то пятна на пластинкѣ передвигаются; при бо́льшемъ наклонѣ пятна располагаются въ безпорядкѣ, внѣ всякой зависимости. Если истолочь кристаллъ въ порошокъ, то изъ пятенъ останется только центральное, которое соотвѣтствуетъ непосредственному ходу лучей. Итакъ, эти опыты показываютъ, что рентгеновскіе лучи, при прохожденіи сквозь кристаллъ, испытываютъ особое воздѣйстіе, находящееся въ тѣсной зависимости отъ условій симметріи кристалла.

По предложенію Макса Лауэ, опыты были произведены В. Фридрихомъ и П. Книппингомъ[1]) (фиг. 2 и 3).

Ниже я постараюсь изложить соображенія, давшія возможность Лауэ[2]) предвидѣть это замѣчательное явленіе. При этомъ мы убѣдимся въ громадной важности описываемаго опыта; мы увидимъ, что онъ является подтвержденіемъ одного изъ самыхъ замѣчательныхъ предсказаній естествознанія.

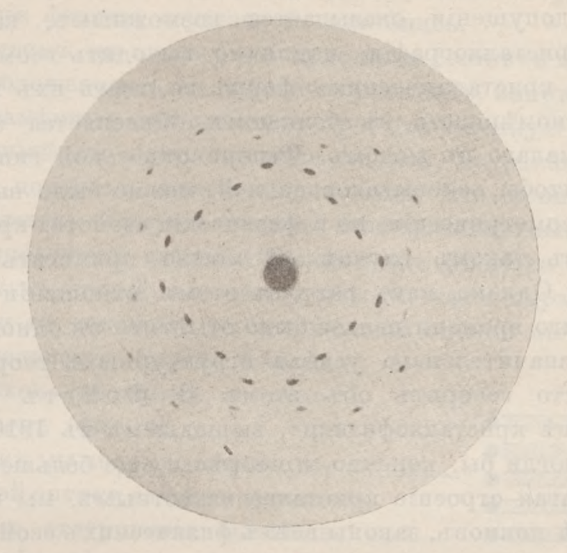
Согласно Браве, уже около 1850 г. въ кристаллографіи появилась гипотеза о томъ, что молекулы, которыя въ обыкновенномъ, такъ называемомъ аморфномъ тѣлѣ распо-

---

[1]) W. Friedrich, P. Knipping und M. Laue. Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen.

[2]) M. Laue. Eine quantitative Prüfung der Theorie für die Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen. Sitzb. d. Bayer. Ak. d. Wiss. 1912. p. 303 и 363.

ложены неправильно, въ кристаллѣ имѣютъ совершенно осо-



Фиг. 2.

Структура кристалла съ осью 4-го порядка.



Фиг. 3.

Структура кристалла съ осью 3-го порядка.

бое опредѣленное положеніе и расположены по направленію

параллелепипедоидальной пространственной рѣшетки. При такомъ допущенiи оказывается возможнымъ, какъ этому учитъ кристаллографiя, надлядно выводить геометрическiя свойства кристаллическихъ формъ во всемъ ихъ многообразiи. Закономѣрность въ большомъ объясняется закономѣрностью малаго въ маломъ. Теперь отъ такой гипотезы требуется, чтобы, основываясь на ней, можно было выводить не только геометрическiя, но и физическiя свойства кристалловъ. Только въ такомъ случаѣ ей можно приписать серьезное значенiе. Однако, какъ разъ въ этомъ отношенiи до самаго послѣдняго времени нельзя было отмѣтить ни одного, сколько нибудь значительнаго успѣха структурныхъ теорiй [1]). Вотъ напр., что говоритъ объ этомъ В. Фойгтъ въ своемъ „Учебникѣ кристаллофизики", вышедшемъ въ 1910 г. „Такiе опыты могли бы, конечно, прiобрѣсти еще бо́льшее значенiе; предполагая строенiе кристалла извѣстнымъ, мы вывели бы, въ концѣ концовъ, законы всѣхъ физическихъ свойствъ, обнаруживаемыхъ кристаллическимъ веществомъ. Однако, именно въ этомъ направленiи структурныя теорiи не сдѣлали до сихъ поръ крупныхъ успѣховъ... Вообще говоря, дѣло идетъ лишь о доказательствѣ того, что пользуясь извѣстными представленiями о частицахъ, образующихъ кристаллъ и не обязательно совпадающихъ съ химическими молекулами,—можно опредѣлить пространственное расположенiе этихъ частицъ, точно соотвѣтствующее 32 типамъ симметрiи". И далѣе: „Въ виду такого положенiя дѣла, при изложенiи кристаллофизики пока нѣтъ основанiя отводить много мѣста структурнымъ теорiямъ" [2]). Въ такомъ же духѣ говоритъ О. Мюгге въ резюме своей энциклопедической статьи: „Какъ видно изъ этого обзора, въ которомъ отмѣчено все наиболѣе важное, опыты, которыми мы пока располагаемъ, не даютъ возможности судить о томъ, насколько соотвѣтствуетъ дѣйствительности картина кристалла, созданная структурными теорiями" [3]).

---

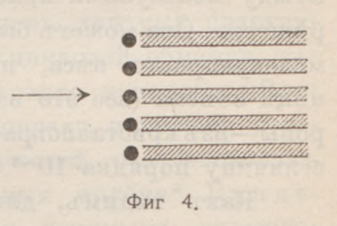
[1]) Недавно П. П. Эвальду удалось, въ его Мюнхенской диссертацiи (1912), вывести изъ одной структурной теорiи свѣторазсѣянiе и двойное лучепреломленiе кристалловъ.

[2]) W. Voigt. Lehrbuch der Kristallphysik. 1910, p. 111.

[3]) O. Mügge. Zur Prüfung der Strukturtheorien an der Erfahrung. Enzyklop. d. Math. Wiss. V, 1, p. 492.

Какъ видно, до сихъ поръ со структурными теоріями, съ точки зрѣнія физики, серьезно не считались.

Допустимъ на время, что кристаллъ состоитъ изъ молекулъ, расположенныхъ по параллелепипедамъ, напримѣръ по кубамъ, и замѣнимъ для простоты пространственную рѣшетку прямой линіей съ находящимися на ней, на равныхъ разстояніяхъ, центрами массъ, молекулами. Что произойдетъ, если на рѣшетку будутъ падать электромагнитныя волны, напр. обыкновенный свѣтъ? Очевидно, эта рѣшетка является для свѣтовыхъ лучей ни чѣмъ инымъ, какъ экраномъ съ отверстіями; по законамъ геометрической оптики мы должны ожидать появленія позади экрана чередующихся свѣтовыхъ и тѣневыхъ полосокъ (фиг. 4).



Фиг 4.

Но, какъ мы знаемъ, законы геометрической оптики имѣютъ не полную силу, и отступленія бываютъ тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ мельче отверстія въ экранѣ сравнительно съ длиной волны падающаго свѣта. Если отверстія имѣютъ величину такого же порядка, какъ длина свѣтовыхъ волнъ (около 10^{-5} см.), то обычное построеніе тѣней дѣлается непримѣнимымъ (фиг. 4). Оптика учитъ, что въ такомъ случаѣ распредѣленіе свѣта и тѣней можно узнать, если представить себѣ, что точки въ тотъ моментъ, когда на нихъ падаютъ свѣтовыя волны, начинаютъ испускать свѣтъ съ одною и тою же фазой. Волны, исходящія отъ этихъ многочисленныхъ источниковъ, перемѣщаются въ пространствѣ по всевозможнымъ направленіямъ и при этомъ интерферируютъ; тамъ, гдѣ гребень одной волны встрѣчается съ гребнемъ же другой, будетъ свѣтъ, а гдѣ гребень встрѣчается съ углубленіемъ, будетъ тѣнь. Соотвѣтственно правильному расположенію отверстій въ экранѣ, распредѣленіе свѣта и тѣней тоже подчиняется извѣстной закономѣрности. Такимъ образомъ появляются своеобразныя фигуры, извѣстныя въ оптикѣ подъ названіемъ диффракціонныхъ. Въ дѣйствительности расположеніе нашихъ молекулъ въ кристаллѣ представляетъ ту же диффракціонную рѣшетку. Вѣдь рѣшеткой можно назвать всякую правильную совокупность прозрачныхъ и непрозрачныхъ тѣлъ, напр. рядъ полосокъ металла на стеклѣ.

Намъ остается разсмотрѣть еще третій случай: если мы будемъ уменьшать отверстія все болѣе и болѣе, то диффракціонныя фигуры опять становятся неясными. Если отверстія малы по сравненію съ длиной свѣтовой волны, то фигуры и вообще всѣ различія между свѣтомъ и тѣнями исчезаютъ; пространство кажется наполненнымъ равномѣрнымъ, болѣе или менѣе тусклымъ свѣтомъ (такъ называемое разсѣяніе свѣта).

Съ какимъ изъ этихъ трехъ случаевъ мы имѣемъ дѣло, когда свѣтъ падаетъ на кристаллъ? Длина волны видимаго свѣта равна около 10^{-5} см.; остается опредѣлить разстоянія между молекулами кристалла, такъ называемую постоянную рѣшетки. Она можетъ быть опредѣлена, съ одной стороны, изъ молекулярнаго вѣса, плотности и числа молекулъ въ единицѣ объема (все это извѣстныя величины [1]); съ другой стороны—изъ кристаллографическихъ данныхъ; оба метода даютъ величину порядка 10^{-8} см.

Какъ видимъ, длина свѣтовой волны весьма велика сравнительно съ взаимнымъ удаленіемъ молекулъ. Поэтому мы имѣемъ передъ собою 3-й случай, и для полученія правильныхъ диффракціонныхъ фигуръ намъ необходимо брать свѣтъ съ возможно меньшею длиною волны.

Такого родъ свѣтъ представляютъ собой, повидимому, рентгеновскіе лучи; длина ихъ волны по опредѣленію Гага и Винда равна $2 . 10^{-8}$ см., а по измѣреніямъ Зоммерфельда и Коха 10^{-9} см. Но эти числа какъ разъ и принадлежатъ къ величинамъ того порядка, какъ указанныя выше разстоянія между молекулами кристалла. На основаніи такого простого подсчета, Лауэ могъ предсказать появленіе тѣхъ замѣчательныхъ фигуръ, которыя мы знаемъ теперь подъ названіемъ фигуръ интерференціи или диффракціи.

Что при образованіи этихъ фигуръ рѣшающее значеніе принадлежитъ не правильности большихъ элементовъ, напр. формы кристалла, а правильности малыхъ, т. е. молекулярной структурѣ, показываютъ опыты съ кристаллами, принадлежащими по своей формѣ къ низшему виду симметріи

[1]) Cf. Laue. l. c. p. 364.

по сравненію съ соотвѣтствующей имъ молекулярной рѣшеткой. Такія формы называютъ геміэдрическими въ отличіе отъ голоэдрической симметріи структуры соотвѣтственной рѣшетки. Фотограммы цинковой обманки, которая принадлежитъ къ одному изъ такихъ геміэдрическихъ классовъ, обнаруживаютъ въ дѣйствительности высшую симметрію рѣшетки, а не симметрію формы кристалла. Далѣе было показано, что—какъ и нужно было ожидать—направленіе граней кристалловъ относительно падающаго луча не оказываетъ вліянія на диффракціонную фигуру, если только пространственная рѣшетка сохраняетъ свое положеніе.

Опыты были произведены съ очень тонкими пластинками кристалловъ (0,5 мм. толщины) цинковой обманки, каменной соли, свинцоваго блеска и мѣднаго купороса. „Времена освѣщенія, при 2—10 миллиамперахъ нагрузки, колебались между 1 и 20 часами. Въ качествѣ рентгеновскихъ трубокъ служили частью „интенсивныя трубки“ Гунделаха, а отчасти „скорыя трубки“, съ водянымъ охлажденіемъ Мюллера, работавшія съ 50 см. индукторомъ Клингельфуса. Въ качествѣ прерывателя иногда служилъ премыкатель Венельта, а иногда механическій прерыватель“ [1]). Очень важную роль играетъ при этомъ возможно точная установка кристалла, такъ какъ достаточно незначительныхъ сдвиговъ, чтобы уничтожить правильность фигуръ. Поэтому подобными опытами можно пользоваться также и для болѣе точнаго опредѣленія кристаллографическихъ осей.

Мы сдѣлали непосредственное допущеніе, что рентгеновскіе лучи являются волновыми лучами того же рода, что и обыкновенный свѣтъ или „электрическія“ волны и, въ силу такого допущенія, воспользовались величиной свѣтовыхъ волнъ. Однако, до самаго послѣдняго времени, особенно благодаря Браггу, существовалъ противоположный взглядъ,—будто рентгеновскіе лучи представляютъ собой истеченія частицъ, подобно катоднымъ и канальнымъ лучамъ, съ тою только разницею, что матеріальныя частицы, движущіяся по направленію лучей, не имѣютъ электрическаго заряда. Между

---

[1]) W. Friedrich, P. Knipping und M. Laue, l. c, p. 314.

тѣмъ, съ такой точки зрѣнія трудно объяснить причину тѣхъ замѣчательныхъ явленій, которыя подробно изложены на стр. 310 цитированнаго труда.

Итакъ, благодаря упомянутому опыту, сразу были достигнуты важные результаты: былъ созданъ новый аргументъ въ пользу волновой природы рентгеновскихъ лучей; структурная теорія кристалловъ получила, такъ сказать, свое первое физическое боевое крещеніе, и что важнѣе всего, передъ физическимъ изслѣдованіемъ открылся новый путь, болѣе легкій и въ то же время ведущій въ глубину предмета. Идя по немъ и изслѣдуя измѣненія диффракціонныхъ фигуръ при различныхъ условіяхъ, мы можемъ слѣдить за движеніемъ молекулъ, совершающимся подъ дѣйствіемъ различныхъ физическихъ силъ.

Наука и научное изслѣдованіе.

Эмиля Пикара[1].

I.

Въ размышленіяхъ о наукѣ и научномъ изслѣдованіи, которыя будутъ изложены въ этой статьѣ, рѣчь идетъ исключительно о математическихъ, физическихъ и естественныхъ наукахъ, понимаемыхъ въ самомъ общепринятомъ смыслѣ слова.

Прежде всего я хочу сказать нѣсколько словъ о томъ, что, какъ мнѣ кажется, соотвѣтствуетъ среднему умственному уровню современнаго ученаго. Въ настоящее время очень распространено мнѣніе, что ученые очень интересуются философіей; издается множество выдающихся работъ по вопросамъ научной философіи, и всѣ онѣ находятъ большое число читателей. Но нѣтъ-ли здѣсь на самомъ дѣлѣ недоразумѣнія, кроющагося въ выраженіи: „философія наукъ", которымъ чаще всего обозначаются изложеніе методовъ и общіе результаты наукъ? Я думаю, что среди ученыхъ, посвятившихъ себя естественнымъ наукамъ, какъ напримѣръ физиковъ, химиковъ, біологовъ,—рѣдко встрѣчаются умы, интересующіеся чистой философіей. Въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго; напротивъ, споры о реальномъ и истиномъ, которымъ такъ много удѣляли вниманія философскія школы всѣхъ временъ, кажутся праздными разговорами тѣмъ, кто наблюдаетъ и производитъ опыты.

Ученый (мы говоримъ разумѣется вообще, не касаясь исключеній) удовлетворяется здравымъ смысломъ; онъ прежде всего непреложно вѣритъ, что окружающій насъ міръ до-

[1]) La Science et la recherche scientifique, par M. Emile Picard, Membre de l'Institut. Revue Scientifique. № 19. 2-me Sem. 1912.

ступенъ нашему изслѣдованію, пониманію; онъ вѣритъ въ науку, которой иногда посвящаетъ всю свою жизнь, и воздерживается отъ эфемерной критики, которая никогда не приводила къ положительнымъ открытіямъ. Клодъ Бернаръ давно уже говорилъ, что для того, чтобы двигать науку, надо въ нее вѣрить; и для тѣхъ, кто хочетъ заниматься наукой, эта вѣра должна быть точкою отправленія, а не результатомъ, къ которому можно придти впослѣдствіи. Въ настоящее время существуетъ группа ученыхъ, характерной чертой которыхъ является такая непоколебимая вѣра въ науку, что они не могутъ относиться безъ нѣкоторой доли раздраженія къ сужденіямъ о томъ, что современная наука переживаетъ кризисъ. Ученому часто кажется, что философъ говоритъ на чуждомъ ему языкѣ, и онъ не старается понять послѣдняго.

II.

Что же, собственно говоря, представляетъ изъ себя та философія, которую мы въ предшествующей главѣ противопоставляли наукѣ. Я не знаю лучшаго опредѣленія, чѣмъ то, которое далъ Жюль Таннери, когда онъ говорилъ „о безпокойствахъ, которыя мы культивируемъ подъ именемъ философіи". Философъ повсюду видитъ затрудненія и часто даже при изслѣдованіи самыхъ простыхъ и общеупотребительныхъ понятій онъ наталкивается на непобѣдимыя трудности. Философія большею частью касается такихъ вопросовъ, на которые не можетъ быть дано отвѣта, по крайней мѣрѣ такого, который могъ бы быть принятъ всѣми. Я только что сказалъ, что исходная точка науки заключается въ здравомъ смыслѣ. Первымъ утвержденіемъ здраваго смысла является, безъ сомнѣнія, существованіе предметовъ внѣшняго міра. Понятіе о матеріи чрезвычайно сложно, и для того, чтобы его опредѣлить, недостаточно сказать вмѣстѣ съ Гексли, что „матерія есть названіе неизвѣстной и гипотетической причины нашихъ собственныхъ состояній сознанія". Существуетъ неисчислимое количество теорій воспріятія, и нужно обладать очень тонкой діалектикой для того, чтобы кинуться въ эту область. Если мы въ этомъ вопросѣ будемъ придерживаться Бергсона, то не безъ труда достиг-

немъ „непосредственныхъ данныхъ сознанія“, такъ какъ воспріятіе по мнѣнію маститаго философа всегда соединено съ воспоминаніемъ. Можно безъ конца спорить о томъ, не слѣдуетъ-ли нашъ разумъ по выраженію Мейерсона какому-нибудь внутреннему принципу, въ родѣ принципа причинности, когда у него образуются первыя понятія о предметахъ внѣшняго міра. Вообще же въ этихъ вопросахъ почва становится чрезвычайно зыбкой, и въ этихъ построеніяхъ онтологическаго характера каждый думаетъ соотвѣтственно своему темпераменту.

Нѣкоторые полагаютъ, что можно избѣгнуть этихъ метафизическихъ соображеній, если стать на историческую точку зрѣнія. Хотя въ этомъ мнѣніи и есть доля иллюзіи, но все же оно представляетъ большой интересъ. Когда говорятъ о здравомъ смыслѣ, то рѣчь идетъ объ историческихъ эпохахъ и цивилизованныхъ народахъ, и этотъ здравый смыслъ долженъ имѣть свою исторію. Возможно, что у человѣчества сохранились очень древніе пріемы мышленія, не смотря на всѣ позднѣйшія измѣненія, происшедшія въ условіяхъ жизни человѣка. Вильямъ Джемсъ въ своей книгѣ „О прагматизмѣ“ принимаетъ положеніе, что наши основныя понятія о вещахъ суть открытія, сдѣланныя нѣкоторыми изъ нашихъ предковъ въ очень отдаленныя эпохи, и которыя какимъ-то образомъ сохранились на протяженіи всѣхъ послѣдующихъ вѣковъ. Эти понятія образуютъ основу здраваго смысла. Такимъ образомъ создались понятія о вещахъ, о времени, о пространствѣ, о причинности, о реальности и многія другія, слѣдуя которымъ, продолжаетъ мыслить каждый человѣкъ, какъ бы культуренъ онъ ни былъ, если только онъ не находится въ состояніи остраго скептицизма, когда онъ бываетъ во власти „метафизическаго сомнѣнія“. Каждый можетъ теперь судить, на много ли подвинулось рѣшеніе этихъ вопросовъ, не смотря на то, что начало ихъ теряется въ глубинѣ вѣковъ.

III.

Но оставимъ эти философскія безпокойства и сомнѣнія. Наука выросла, исходя изъ здраваго смысла, сдѣлавшагося формою, изъ которой развилась человѣческая мысль. Можно

также вполнѣ справедливо замѣтить, что наука есть продолженіе здраваго смысла, который она, впрочемъ, очищаетъ, когда въ томъ является надобность. Таково, во всякомъ случаѣ, мнѣніе ученаго, скептически относящагося къ философскимъ спорамъ, о которыхъ мы упоминали выше. Но все же онъ несомнѣнно интересуется критикой, имѣющей отношеніе къ его наукѣ, особенно, когда она исходитъ отъ такихъ людей, которые сами работали научно. Онъ узнаетъ, что для однихъ, которые исходятъ отъ радикальнаго эмпиризма, непосредственная эмпирическая реальность сейчасъ же преобразуется подъ вліяніемъ причинъ практическаго характера; въ такомъ случаѣ наука, какъ теоретическое знаніе, не имѣетъ никакой цѣны и имѣетъ значеніе только для дѣйствія. Этотъ прагматическій взглядъ ему весьма антипатиченъ, и онъ съ нѣкоторымъ удивленіемъ узнаетъ, что „въ то время, какъ для остальныхъ доктринъ, новая истина является открытіемъ, для прагматизма она—изобрѣтеніе“[1]). Другимъ же критикамъ науки представляется, что она имѣетъ цѣну лишь потому, что ведетъ къ экономіи мысли, или же потому, что она приводится къ системѣ произвольныхъ, но удобныхъ условностей.

Не смотря на то, что нашъ ученый любуется философской виртуозностью этихъ споровъ, они все таки мало его трогаютъ. Онъ довольствуется, какъ мы уже замѣтили раньше, данными здраваго смысла, среди которыхъ первое мѣсто занимаетъ понятіе о реальномъ, сознаніе котораго появляется сначала нераздѣльно съ неоспоримымъ значеніемъ полезности, такъ какъ полезное и истиное въ высшей степени близки на этой начальной ступени. Но наука началась именно тогда, когда этотъ первый этапъ былъ уже пройденъ, и когда внѣшній міръ являлся въ нашемъ сознаніи, какъ нѣчто цѣльное, связное, доступное нашему разуму. Это первый параграфъ того научнаго credo, о которомъ я говорилъ выше. Несомнѣнно, это цѣлое представляетъ необычайную, ужасающую сложность; приходится дѣлать раз-

[1]) Въ этой формѣ Бергсонъ резюмируетъ сущность прагматической концепціи истины. См. предисловіе къ книгѣ: Pragmatisme de W. James, Collection de G. Le Bon.

личія, извлекать одинъ элементъ познанія, чтобы оставить только немногіе другіе, и такимъ образомъ дойти до первыхъ понятій, играющихъ важнѣйшую роль въ генезисѣ науки. Независимо отъ самого ихъ происхожденія, исторія науки достаточно ясно показываетъ намъ, что образованіе понятій является до нѣкоторой степени произвольнымъ; но глубокій анализъ тѣхъ условій, при которыхъ наше представленіе о реальномъ должно считаться истиннымъ, показываетъ намъ, какимъ образомъ произвольное, существующее при образованіи первыхъ понятій, оказывается въ нѣкоторомъ родѣ направленнымъ по руслу; мы должны говорить о гипотезахъ, но не объ условностяхъ и соглашеніяхъ.

Идея законности и принципъ причинности также являются постулатами, которые мы находимъ въ основѣ научнаго построенія. Кажется, эти сложныя идеи могутъ поддаться точному опредѣленію только съ помощью ихъ математической формы. Такъ, мы приведемъ здѣсь только одинъ примѣръ, но имѣющій зато большое значеніе, и констатируемъ, что наука сформировалась такъ, что по возможности исключила время изъ выраженія законовъ, вслѣдствіе чего эти послѣдніе представляютъ по своей формѣ, какъ бы неизмѣнныя связи между постоянными элементами; это въ частности привело къ формѣ уравненій классической механики. Очень можетъ быть, что мы имѣемъ здѣсь только первое приближеніе, и что въ нѣкоторыхъ случаяхъ выраженіе закона должно явно содержать время, но я не хочу вдаваться въ разсужденія, которыя скоро привели бы насъ къ дифференціальнымъ и интегральнымъ уравненіямъ [1]).

Наши концепціи и наши теоріи, при столкновеніи съ фактами, должны быть постоянно провѣряемы. Становясь все болѣе и болѣе объективной и расширяя наше познаніе реальнаго, наука мало по малу двигается впередъ, благодаря вносимымъ поправкамъ и постепенно пріобрѣтаемымъ новымъ знаніямъ. Что получится изъ этихъ послѣдовательныхъ приближеній? Ученый ставитъ постулатъ, и здѣсь

---

[1]) Я намекаю здѣсь на то, что я когда то назвалъ наслѣдственной механикой и не наслѣдственной; объ этой послѣдней Volterra напечаталъ замѣчательныя работы въ Revue du Mois, V, 1912.

снова требуется вѣра въ науку, чтобы допустить, что эти постоянныя приближенія стремятся къ опредѣленному предѣлу, какъ говорятъ математики, и что мы непрерывно приближаемся къ небольшому количеству истинъ, становящихся все болѣе и болѣе понятными; эти истины суть синтезы многихъ частичныхъ истинъ, мало по малу открытыхъ; быть можетъ, это химера, но она поддерживаетъ цѣлыя поколѣнія ученыхъ въ ихъ безконечной работѣ.

IV.

Мы пытались указать вкратцѣ основные постулаты, на которыхъ зиждется научный генезисъ. Нѣкоторыя изъ этихъ первоначальныхъ понятій, обусловливающихъ наше знаніе, суть метафизическаго характера; мы все таки рѣшаемся произнести это слово, хотя оно внушаетъ многимъ такой ужасъ и представляется исполненнымъ опасностей. Развѣ мы не коснулись онтологической почвы, когда только что говорили о здравомъ смыслѣ? Впрочемъ, ученый беретъ эти понятія уже готовыми, не заботясь объ ихъ происхожденіи.

Каждому предоставляется свобода вычеркнуть тотъ или иной параграфъ научнаго credo, но въ такомъ случаѣ онъ болѣе или менѣе удаляется отъ идеальнаго построенія, которое большинство ученыхъ называетъ наукой. Мы уже упоминали о нѣкоторыхъ изъ тѣхъ системъ, которыя a priori ограничиваютъ научное познаніе, а поэтому кажутся антинаучными. Для нѣкоторыхъ въ законахъ природы всегда останется доля случайности; это положеніе было развито и глубоко изслѣдовано Бутру въ книгѣ, имѣвшей очень большое вліяніе. Другіе утверждаютъ, что научное построеніе при помощи концепцій не можетъ схватить движущагося потока предметовъ. Эта старая философія о томъ, что будетъ и что измѣнится, была полностью возобновлена двадцать лѣтъ тому назадъ Бергсономъ, говорившимъ о ней своимъ образнымъ и поэтическимъ стилемъ. Другіе изслѣдователи, привыкшіе къ трудностямъ экспериментированія, вполнѣ признавая тотъ фактъ, что наука стремится стать все болѣе и болѣе объективной, настаивали на томъ мнѣніи, что достигнуть объективности науки почти невозможно. Каждый удерживаетъ тѣ доктрины, которыя подходятъ къ его ду-

ховному складу; но надо признать, что онѣ оказали мало вліянія на то понятіе о наукѣ, которое мы находимъ у большинства людей, посвятившихъ себя ей, и которое мы въ видѣ credo изложили выше. Что-бы ни случилось дальше, какой бы эволюціи ни подвергся научный идеалъ, благодаря расширенію нашихъ познаній, можно съ увѣренностью сказать, что на немъ всегда будетъ отражаться страстная и безкорыстная любознательность человѣческаго разума. Вѣра въ безпредѣльность научныхъ успѣховъ является для человѣка надеждой, способной привести его въ восхищеніе.

Во всемъ вышеизложенномъ мы не могли удѣлить мѣста тѣмъ замѣчательнымъ услугамъ, которыя наука оказываетъ человѣчеству, не смотря на громадный интересъ, какой онѣ представляютъ; это произошло потому, что онѣ ни въ чемъ не соприкасаются съ вопросами, разсматриваемыми нами съ строго-научной точки зрѣнія. Но для большинства, къ сожалѣнію, выводы науки являются и самой наукой. При открытіи какого-нибудь новаго тѣла или явленія часто приходится слышать вопросъ, для чего это можетъ быть полезно? Но когда настоящій ученый работаетъ надъ какимъ-нибудь вопросомъ, то онъ не думаетъ вовсе о его прекрасномъ приложеніи; оно представляется ему, какъ нѣчто необязательное, вродѣ процентовъ на капиталъ, которые могутъ быть, а могутъ и не быть. Какъ ни интересны, напримѣръ, примѣненія радія въ настоящемъ и въ будущемъ, съ точки зрѣнія строго-научной онѣ являются второстепеннымъ вопросомъ по сравненію съ той перемѣной взглядовъ на трансформацію матеріи, которую произвелъ этотъ странный элементъ. Или есть-ли, напримѣръ, что-нибудь болѣе платоническое, какъ интересъ къ отдаленнымъ туманностямъ, не имѣющимъ никакого отношенія къ нашей планетѣ.

Въ той утилитарной точкѣ зрѣнія, съ которой толпа обыкновенно смотритъ на науку, кроется большая опасность. Не только потому, что въ концѣ концовъ съ теченіемъ времени можетъ изсякнуть область ея примѣненія и остановиться безкорыстное изслѣдованіе, но главнымъ образомъ еще и потому, что чисто-утилитарный взглядъ на науку явился бы настоящимъ шагомъ назадъ въ исторіи развитія

человѣческаго разума. Нельзя, однако, сказать, что это вещь совершенно невозможная; исторія уже знаетъ подобные примѣры, и формы варварства очень разнообразны. Нѣкоторые, можетъ быть, черезчуръ пессимистически настроенные умы склонны видѣть такую тенденцію въ преувеличенныхъ заботахъ университетовъ о техникѣ и промышленности, но это касается уже условій научной работы, и я скажу объ этомъ нѣсколько словъ ниже.

V.

Составивъ себѣ приблизительное понятіе о средней мыслительной способности современнаго ученаго, мы должны разсматривать организацію и условія научнаго труда. Въ настоящее время количество научныхъ работъ возросло болѣе, чѣмъ когда либо; хочется даже сказать, что ихъ слишкомъ много. Какова бы ни была наша спеціальность, мы перегружены множествомъ работъ въ одной этой области, куда и намъ хочется внести свою долю. Знаменитый Гауссъ обыкновенно говорилъ: „pauca sed matura“ (немногое, но зрѣлое), но этотъ девизъ имѣетъ мало послѣдователей въ наше время. И теперь, вѣроятно, не придется больше встрѣтить примѣра, подобнаго геттингенскому ученому,—геометру и физику, который въ теченіе столькихъ лѣтъ хранилъ про себя свои глубокія изслѣдованія о не-эвклидовской геометріи и о теоріи эллиптическихъ функцій, предоставивъ сначала Лобачевскому, а затѣмъ Якоби и Абелю связать ихъ имена съ этими замѣчательными открытіями. Правда, изъ письма Гаусса къ Шумахеру видно, что онъ не опубликовалъ своихъ трудовъ о постулатѣ Евклида потому, что боялся шума, который подняли бы невѣжды. Вотъ мысль, которая никого не остановила бы въ наше время!...

Причины, побуждающія многихъ такъ торопиться съ изданіемъ своихъ работъ, ясны. Наука сдѣлалась карьерой; когда человѣкъ выпускаетъ въ свѣтъ свои мемуары, онъ надѣется увеличить свои шансы на полученіе лучшаго положенія или повышенія, и это стремленіе, конечно, вполнѣ законно. Глубоко сожалѣя о томъ, что столько работъ появляется въ свѣтъ въ недостаточно обработанномъ видѣ, мы все же становимся въ положеніе ученаго, желающаго слѣдить за всѣми новѣйшими открытіями; эта поспѣшность

часто вовсе не оказываетъ неблагопріятнаго вліянія на науку,— напротивъ: какъ только у кого-нибудь появится идея, она сейчасъ же сообщается ученому обществу и становится общимъ достояніемъ. Тогда, если она того дѣйствительно заслуживаетъ, и другіе изслѣдователи могутъ также попробовать эксплоатировать ее, иногда даже въ ущербъ тому, кто слишкомъ рано подѣлился ею. Такимъ образомъ въ наше время наука развивается несравненно быстрѣе, чѣмъ раньше, но и больше, чѣмъ прежде, она становится коллективною и почти безличною.

Является интересный вопросъ, —какимъ образомъ историкъ науки сумѣетъ разобраться въ водоворотѣ научнаго изслѣдованія нашего времени. Многіе думаютъ, что исторія науки уже и сейчасъ очень условна, такъ какъ то или другое открытіе рѣдко относятъ къ его первоисточнику. Дѣйствительно, нѣтъ ничего труднѣе, какъ написать такую исторію; здѣсь встрѣчается столько легендъ, невѣрныхъ указаній, часто преднамѣренныхъ умолчаній. Нужна большая мудрость и терпѣливыя изслѣдованія для того, чтобы найти первые слѣды какой-нибудь идеи, предъ которой открылось великое будущее. Именно такимъ образомъ Дюгемъ нашелъ нѣсколькихъ предтечъ; прекрасной иллюстраціей можетъ служить исторія основнаго принципа въ механикѣ, а именно принципа возможныхъ скоростей, которая ведетъ свое начало отъ Жордана де Немора, жившаго въ XIII вѣкѣ. А сколько именъ, оставшихся теперь неизвѣстными, могли бы, вѣроятно, быть написаны рядомъ съ именами Евклида или Архимеда! Если мы возьмемъ болѣе поздніе примѣры, то найдемъ у сравнительно мало извѣстныхъ ученыхъ XIX вѣка слѣды такихъ идей, которыя играютъ главнѣйшую роль въ современной физической химіи. Исторія науки полна перемѣнъ въ смыслѣ Гюго де Вриса, но съ еще большей увѣренностью, чѣмъ относительно біологическихъ измѣненій, можно сказать, что эти съ виду рѣзкіе скачки, являются на самомъ дѣлѣ только завершеніемъ долгаго хода развитія человѣческой мысли.

VI.

Закончимъ нашу статью еще нѣсколькими замѣчаніями относительно условій и организаціи научной работы. Иногда

приходится слышать, что въ настоящее время въ изслѣдованіяхъ господствуетъ полная анархія, и что многія усилія затрачиваются безплодно. Это очень трудный вопросъ. Несомнѣнно можно пожелать, чтобы учителя-ученые находили преданныхъ учениковъ и сотрудниковъ, готовыхъ работать подъ ихъ руководствомъ и развивать ихъ идеи. Впрочемъ, во многихъ отдѣлахъ науки бываетъ, что при разъ найденномъ хорошемъ методѣ примѣненіе его требуетъ лишь терпѣливаго и старательнаго отношенія, и тогда часто, напримѣръ въ лабораторіяхъ, успѣхъ всего дѣла зависитъ отъ достаточнаго числа хорошихъ лаборантовъ. Правда, очень важно, когда какой-нибудь вопросъ разсматривается всесторонне, и когда терпѣливые и преданные работники извлекаютъ изъ даннаго метода все то, что онъ можетъ дать. Однако, не слѣдуетъ смѣшивать увеличенія научнаго коэффиціента полезнаго дѣйствія съ истинными успѣхами науки. Самобытные умы обыкновенно противятся всякой дисциплинѣ, и хорошо одаренные изслѣдователи обыкновенно сами находятъ предметы для своего изслѣдованія.

Другой вопросъ, отличный отъ предыдущаго, это вопросъ объ условіяхъ научной работы. Наука и преподаваніе стоятъ въ настоящее время въ тѣсной связи. Чаще всего ученый бываетъ въ то же время и профессоромъ. Странно, конечно, чтобы люди, научныя заслуги которыхъ признаны всѣми, не могли посвятить себя исключительно научной работѣ, а должны были заниматься преподаваніемъ, если не располагаютъ большими личными средствами. Поэтому очень желательно создать такія учрежденія, которыя были бы предназначены исключительно для изслѣдованій. Въ наше время во всѣхъ странахъ университеты (мы говоримъ, конечно, только о физико-математическомъ факультетѣ) являются главными центрами научной работы, и можно только пожелать, чтобы они ими и остались. Выше я говорилъ объ утилитарной тенденціи, которая все болѣе и болѣе стремится превратить университеты въ сотрудниковъ промышленности и земледѣлія, и которая имѣетъ не мало аргументовъ въ свою пользу.

Однако, я рискую уйти по этому пути дальше, чѣмъ я хотѣлъ въ началѣ. Въ нашу демократическую эпоху борьба

между чистой и безкорыстной наукой и ея разнообразными прибыльными приложеніями становится неравной. Можно опасаться, что кредитъ, вмѣсто того, чтобы пойти на строгія физическія лабораторіи, гдѣ производятся изслѣдованія, цѣль которыхъ непонятна для большинства, и которыя, по крайней мѣрѣ въ данный моментъ, не имѣютъ практическаго примѣненія, не пошелъ бы на техническіе институты болѣе или менѣе практическаго характера, какъ, напримѣръ, пивоваренные или бумажные. Трудно идти противъ этого теченія. Но если предположить, что университеты отодвинутъ на второй планъ заботы объ успѣхахъ науки, то созданіе такихъ учрежденій, о которыхъ мы говорили выше, стало бы еще болѣе необходимымъ. Въ данный моментъ было бы еще преждевременно думать объ ихъ организаціи, и, быть можетъ, первый образецъ мы позаимствуемъ въ одной изъ сосѣднихъ странъ, гдѣ уже не разъ заходила рѣчь о великодушныхъ пожертвованіяхъ на учрежденія подобнаго рода. Я же съ своей стороны думаю, что было бы очень хорошо, если бы главное распорядительство надъ этими учрежденіями было поручено большимъ ученымъ обществамъ, которыя воскресили бы такимъ образомъ старыя традиціи въ новой формѣ.

Парижъ.

Агонія и смерть Земли.

Альфонса Берже[1]).

Исторія Земли—это очень печальная повѣсть и, быть можетъ, никакая другая не разрѣшается столь трагически. Перевороты въ ней очень многочисленны, и нашъ земной шаръ кажется то побѣжденнымъ, то побѣдителемъ, не будучи, однако, въ состояніи ускользнуть отъ неизбѣжной смерти, которая прекратитъ существованіе его и всего живущаго на немъ, и хотя продолжительность его существованія измѣряется милліонами вѣковъ, но все же она кажется молніей въ безконечности времени.

Эту то картину конца Земли я и хотѣлъ бы набросать предъ вами сейчасъ. Но, быть можетъ, прежде чѣмъ говорить о смерти Земли, было бы кстати въ нѣсколькихъ словахъ напомнить вамъ о томъ, чѣмъ было ея рожденіе, какова была ея жизнь, каковъ ея возрастъ, съ тою цѣлью, чтобы лучше понять послѣдовательную связь событій, которыя неминуемо повлекутъ за собой конецъ того маленькаго шарика, на которомъ мы проводимъ скоротечные часы, оживленные нашимъ кратковременнымъ существованіемъ.

Вопросъ о происхожденіи нашего міра—одинъ изъ тѣхъ вопросовъ, которые волновали умъ человѣка съ тѣхъ поръ, какъ только мысль могла подняться надъ землей, которую онъ попиралъ. Философы, ремесло которыхъ заключается въ желаніи все объяснить, не упускали этого случая для упражненія своей тонкой изобрѣтательности; также многочисленны „системы міра“, предложенныя съ тѣмъ, чтобы дать отчетъ въ существованіи и дѣятельности элементовъ, составляю-

---

[1]) Prof. A. Berget. Revue Scientifique. № 20. 1 Sem. 1913. Лекція, прочитанная въ Парижѣ для Общества друзей университета.

щихъ „міръ“. Хотя этотъ вопросъ и былъ поставленъ уже много вѣковъ тому назадъ, однако, онъ только очень недавно былъ, если не вполнѣ рѣшенъ, то по крайней мѣрѣ достаточно освѣщенъ для того, чтобы можно было видѣть главныя его черты. Лапласу досталась честь дать первую дѣйствительно научную теорію мірозданія; и если его теорія немного „отягчена годами“, все же, какъ выразился Г. Пуанкаре, зданіе это еще крѣпко на своемъ фундаментѣ, и простая „реставрація“, сдѣланная посредствомъ добавленія новыхъ завоеваній физики, дастъ ему возможность еще долго держаться.

Происхожденіе Земли нераздѣльно связано съ происхожденіемъ солнечной системы. Въ безконечномъ пространствѣ неба слѣдуетъ раскрыть законы, управлявшіе при ея рожденіи. Въ этомъ пространствѣ мы видимъ неподвижныя звѣзды, свѣтъ которыхъ своими цвѣтами, мѣняющимися отъ голубовато-бѣлаго до желтаго и даже до оранжеваго, заставляетъ насъ инстиктивно подумать о цвѣтѣ желѣза, охлаждающагося отъ бѣлаго и до краснаго, когда его вынимаютъ изъ кузнечнаго горна. Спектроскопъ, анализируя ихъ свѣтъ, показываетъ намъ, что звѣзды свѣтятся сами по себѣ, и что онѣ суть тѣла, раскаленныя до-бѣла и безпрестанно испускающія лучи въ окружающее ихъ холодное пространство. Планеты также обнаруживаются, но онѣ—не самосвѣтящіяся тѣла, а лишь освѣщенныя громаднымъ до бѣла накаленнымъ шаромъ, Солнцемъ, которое въ зависимости отъ того, видно-ли оно, или же исчезаетъ, даетъ намъ день или ночь. Намъ кажется, что оно вращается вокругъ нашего маленькаго шара: въ самомъ же дѣлѣ Земля вращается около него. Другой большой шаръ, Луна, которая блещетъ ночью, отражая на насъ свѣтъ, посланный ей скрытымъ Солнцемъ, какъ вѣрный спутникъ, вращается вокругъ Земли, сила притяженія которой обусловливаетъ законъ ея движенія. Независимо отъ этихъ свѣтилъ существуютъ еще и другія: таковы свѣтящіяся кометы съ блестящимъ ядромъ и длиннымъ хвостомъ. Падающія звѣзды, которыя пронизываютъ, какъ молнія, высшія слои нашей атмосферы; наконецъ, туманности—тѣ свѣтлыя молочныя пятна, контуры которыхъ то неопредѣленны, то округленны, то спиральны. Изслѣдованіе ихъ

свѣта посредствомъ спектроскопа дало возможность узнать, что эти туманности обладаютъ тѣми же свойствами, какъ раскаленные газы въ нашихъ лабораторіяхъ: ихъ спектръ даетъ характерные лучи водорода, гелія и еще неизвѣстнаго на землѣ тѣла, которое называютъ nebulium.

Всѣ эти тѣла слѣдуютъ двумъ одинаково основнымъ законамъ: одинъ изъ нихъ чисто механическій, другой является слѣдствіемъ открытій новѣйшей физики.

Первымъ мы обязаны генію Ньютона: это великій и простой законъ всемірнаго тяготѣнія, гласящій, что два тѣла притягиваютъ другъ друга пропорціонально ихъ массамъ и обратно пропорціонально квадрату раздѣляющаго ихъ разстоянія. Изъ этого закона вытекаютъ и тѣ, которые управляютъ движеніями планетъ, формою ихъ путей и скоростью, съ которой онѣ ихъ пробѣгаютъ. Кеплеръ высказалъ эти законы раньше, но Ньютонъ показалъ, что они могли быть выведены изъ закона тяготѣнія, съ которымъ они нераздѣльно связаны.

Но существуетъ еще другой такой же основной законъ явленій вселенной, открытый только немного лѣтъ тому назадъ: это законъ свѣтового давленія. Лапласъ, не знавшій его, не могъ дать ему мѣста въ своей геніальной теоріи, основанной на доказательствахъ механическаго порядка. Обнаруженіе этого давленія, открытаго 40 лѣтъ тому назадъ Максвеллемъ, позволило шведскому физику Сванте Арреніусу дать болѣе общее объясненіе первобытныхъ явленій, имѣвшихъ мѣсто при рожденіи Земли. Всякій лучъ, натолкнувшійся на тѣло, черезъ которое онъ не можетъ пройти, производитъ на него давленіе или механическій толчокъ. Если представить себѣ зачерненное тѣло, помѣщенное въ непосредственной близости къ поверхности Солнца, то свѣтъ его будетъ производить на это тѣло давленіе въ 2,75 мгр. на $см^2$. Вычисленія Арреніуса привели его къ тому, что для очень маленькаго непрозрачнаго шарика, діаметромъ немного меньше одного микрона, т. е. тысячной доли миллиметра, помѣщеннаго вблизи Солнца, отталкивающая сила лучей превзошла бы силу притяженія свѣтила, и шарикъ былъ бы „выгнанъ“ далеко изъ области притяженія. Если же эта частица еще уменьшается, и діа-

метръ ея достигаетъ 0,00015 мм., то толчекъ, обусловленный лучеиспусканіемъ, становится въ 10 разъ сильнѣе солнечнаго притяженія, и частица будетъ не только „выгнана“, но „вытолкнута“ далеко за предѣлы свѣтила, какъ былъ бы изъ орудія выброшенъ снарядъ взрывомъ пороховыхъ газовъ.

Самосвѣтящіяся свѣтила, Солнце или звѣзды, которыя являются другими солнцами, могутъ такимъ образомъ бросать въ пространство „космическія пылинки“. Эти то микроскопическія зернышки составляютъ хвостъ кометы и образуютъ вѣнечную атмосферу вокругъ самого Солнца. Частицы, брошенныя такимъ образомъ въ пространство звѣздами, заряжены отрицательнымъ электричествомъ, поверхность же звѣздъ заряжена положительно. Частицы, вытолкнутыя солнцемъ, могутъ доходить до Земли, гдѣ ихъ отрицательный зарядъ производитъ важныя электрическія явленія, въ числѣ которыхъ находятся и сѣверныя сіянія.

Но независимо отъ „солнцъ“, которыя искрятся на черномъ фонѣ неба, существуютъ и другія свѣтила—туманности, тѣла холодныя, назначеніе которыхъ заключается въ томъ, чтобы при своемъ прохожденіи поглощать излишекъ теплоты, выдѣленный лучами „солнцъ“, блескъ которыхъ безъ этого придалъ бы небу видъ постояннаго огненнаго свода.

Въ этихъ туманностяхъ всегда вырисовываются одно или нѣсколько болѣе блестящихъ ядеръ, вокругъ которыхъ матерія, какъ кажется, скопляется и сжимается.

Какъ же развиваются эти туманности въ безконечности временъ? Продолжительность жизни одной туманности, конечно, превосходитъ продолжительность жизни человѣка, который хотѣлъ бы ее изучить; но вѣдь то же бываетъ и съ жизнью дуба; однако, мы достигли того, что знаемъ, какъ живетъ этотъ царь нашихъ лѣсовъ, не наблюдая только на одномъ изъ нихъ послѣдовательныя фазы одного существованія, продолжительность котораго также превосходитъ жизнь человѣка, а слѣдуя за фазами его развитія на многихъ индивидуумахъ различнаго возраста. Такъ поступаютъ и съ туманностями, и теперь извѣстно, что собственно „туманная“ фаза предшествуетъ фазѣ „звѣздной“, которая вытекаетъ изъ первой черезъ очень длинный промежутокъ

времени. Такимъ образомъ звѣзды образуются изъ пятенъ вслѣдствіе сжатія вещества. Когда крупинка „космической пыли“ проникнетъ въ атмосферу туманности, разрѣженную до крайняго предѣла и не содержащую ничего, кромѣ немногихъ атомовъ гелія и водорода, она „падаетъ“ къ центру тяжести системы. Эта система находилась сначала при очень низкой температурѣ, ибо температура газа зависитъ отъ молекулярныхъ ударовъ, которые тамъ происходятъ. Если же эта газовая среда черезчуръ разрѣжена, то число ударовъ уменьшается вмѣстѣ съ числомъ самихъ молекулъ, и, слѣдовательно, газъ будетъ находиться при очень низкой температурѣ.

Понятіе о низкой температурѣ первичной туманности внесла новѣйшая физика, и оно является существеннымъ измѣненіемъ геніальныхъ взглядовъ Лапласа, который исходилъ изъ идеи о туманности съ высокой температурой. Что касается всего остальнаго, то великая теорія французскаго ученаго остается въ силѣ, и неувядаемая слава Лапласа состоитъ въ томъ, что по его теоріи солнца образуются путемъ эволюціи изъ туманныхъ пятенъ.

Однако, несмотря на низкую температуру этихъ туманностей онѣ свѣтоносны! Почему же? Это зависитъ отъ того, что космическія пылинки, будучи отогнаны свѣтовымъ давленіемъ далеко отъ звѣздъ, проникаютъ въ туманную среду, приносятъ туда свой электрическій зарядъ, увеличиваютъ тамъ напряженіе, которое въ свою очередь дѣлаетъ свѣтящейся разрѣженную до послѣдней степени переферію туманности, подобно тому, какъ свѣтится внутреннее пространство Круксовой трубки. Пусть „мертвое“ свѣтило, или скопленіе космическихъ пылинокъ, образующихъ метеоритъ, во время своихъ небесныхъ странствованій случайно проникнетъ въ устроенную такимъ образомъ среду—туманность. Оно тотчасъ же становится центромъ притяженія; блуждающія молекулы какъ бы находятъ себѣ господина, который подчиняетъ ихъ своей власти, онѣ внезапно сливаются, образуютъ вокругъ случайной массы ядро, которое мало по малу нагрѣвается и доходитъ до бѣлаго каленія.

Я сказалъ „случайно“ и ошибся. Тутъ, господа, нѣтъ никакой случайности потому, что въ этомъ удивительномъ

міровомъ механизмѣ все подчиняется законамъ числа и ритма. То, что въ нашемъ невѣжествѣ мы называемъ „случайностью“, является только результирующей тѣхъ силъ, о существованіи и образѣ дѣйствій которыхъ мы еще и не подозрѣваемъ. Какъ бы то ни было, между ядрами, образовавшимися такимъ образомъ, постепенно устанавливается порядокъ, нагрѣвая ихъ и собирая вокругъ нихъ разсѣянное до того вещество, причемъ давленіе и температура въ центрѣ увеличиваются въ неисчислимой пропорціи. Наша система становится звѣздою, одною изъ тѣхъ звѣздъ, гдѣ спектральный анализъ обнаруживаетъ присутствіе простыхъ тѣлъ, какъ они обнаруживаются и на солнцѣ. И съ тѣхъ поръ мы должны смотрѣть на эти простыя тѣла, какъ на образовавшіяся единственно изъ гелія и водорода, ибо только они одни составляли первичную туманность и противостояли воздѣйствію пространства, охлажденнаго до 273° ниже нуля; неподкупные и вѣчные свидѣтели небесныхъ переворотовъ, они одни скользили въ этомъ пространствѣ и не подвергались его воздѣйствію.

Гелій и водородъ, бывшіе нѣкогда остатками послѣ распада другихъ свѣтилъ, въ свою очередь становятся точкою отправленія при сложеніи веществъ подъ обоюднымъ вліяніемъ давленія и температуры, которыя измѣняютъ ихъ, придавая имъ видъ знакомыхъ намъ химическихъ элементовъ. Эти „элементы“ мы считаемъ простыми потому, что мы еще не могли ихъ искусственно разложить, или потому, что продолжительность нашего существованія слишкомъ коротка для того, чтобы мы могли присутствовать при ихъ естественномъ преобразованіи. Только одни радіоактивныя тѣла даютъ намъ возможность наблюдать его, даже за тѣ немногіе годы, когда мы ихъ узнали, и часть атомовъ гелія, которые блуждаютъ и кружатся, скитаясь въ пространствѣ, происходитъ вслѣдствіе ихъ произвольнаго лучеиспусканія. Можетъ быть, или даже вѣроятно, что всѣ тѣла болѣе или менѣе радіоактивны? Звѣзда, образовавшаяся такимъ образомъ въ центрѣ туманности и раскаленная среди холоднаго пространства, начинаетъ охлаждаться. Охлаждаясь же, она сжимается, и съ этого момента быстрота ея вращенія увеличивается, какъ того требуютъ законы механики. Вращаясь

все быстрѣе и быстрѣе, она подчиняется большой центробѣжной силѣ, которая сплющиваетъ ея полюсы и дѣлаетъ выпуклымъ ея экваторъ. Эта выпуклость, этотъ „вѣнчикъ“, образованный такимъ образомъ, при дальнѣйшемъ увеличеніи скорости отдѣляется отъ центральной массы тѣла въ видѣ кольца меньшей массы, которая охлаждается быстрѣе, чѣмъ остальное центральное ядро. Вслѣдствіе неравномѣрнаго лучеиспусканія въ пространство это кольцо образуетъ цѣльную массу въ силу сцѣпленія всего его вещества; и масса начинаетъ вращаться, тяготѣя къ оставшемуся солнцу; это и есть планета: напримѣръ, Земля, которая прошла сначала черезъ жидкое, а затѣмъ черезъ тѣстообразное состояніе. Центробѣжная сила отрываетъ отъ экватора этой жидкой массы одно или нѣсколько колецъ, которыя даютъ начало одному или нѣсколькимъ спутникамъ, а эти послѣдніе въ свою очередь тяготѣютъ къ планетѣ и вращаются вокругъ нея. Вращаясь съ все большей и большей скоростью, планета тоже сплющивается на полюсахъ, а на экваторѣ образуется выпуклость; затѣмъ, продолжая мало по малу охлаждаться, поверхность ея покрывается крѣпкой коркой, земной корою. И Земля родилась.

* *
*

Земля родилась, но ея молодую кору уже мучитъ напряженіе внутреннихъ давленій, которое скоро беретъ верхъ надъ ничтожнымъ пока сопротивленіемъ. Постоянныя изверженія прорываютъ ее, вслѣдствіе чего вокругъ Земли бьютъ ключемъ раскаленные пары и окутываютъ Землю своей газовой пеленой. Между тѣмъ земная кора понемногу крѣпнетъ, подъ нею сжимаются огненныя вещества и образуютъ центральную массу, которую она предохраняетъ отъ дальнѣйшаго охлажденія; надъ ней находится смѣсь газовъ и паровъ, образующая первоначальную атмосферу [1]). Въ началѣ эта атмосфера находилась при температурѣ одинаковой съ температурою застывавшей коры, образовывавшейся въ пер-

[1]) Тѣ удивительные факты, о которыхъ говорится въ этомъ докладѣ, были описаны авторомъ въ одномъ изъ томовъ Библіотеки научной философіи подъ заглавіемъ „Жизнь и смерть Земного шара“. Парижъ, Е. Фламмаріонъ, 1912 г.

вую очередь изъ наименѣе летучихъ веществъ: соединенія кремнезема съ известью, алюминія, магнезіи, немного желѣза и соды; сама же атмосфера содержала угольную кислоту, гелій и много водорода. Эти два легкихъ газа не удержались въ корѣ, окрѣпнувшей при высокой температурѣ; они улетучились въ звѣздное пространство, гдѣ и образовали туманности, въ нашей же атмосферѣ они существуютъ только въ видѣ слѣдовъ, по крайней мѣрѣ въ нижнихъ ея слояхъ, такъ какъ верхніе, очень разрѣженные, должны состоять изъ $99^1/_2{}^0/_0$ водорода и $^1/_2{}^0/_0$ гелія. Когда кора стала непрерывною, то надъ ней оставалось много азота, кислорода, большая пропорція углекислаго газа и водяныхъ паровъ, которые не сгущались до тѣхъ поръ, пока температура была выше 360^0, т. е. критической температуры воды. Вслѣдствіе присутствія водяного пара давленіе этой атмосферы должно было быть огромнымъ. Въ самомъ дѣлѣ, вся вода нынѣшнихъ морей, бывшихъ тогда въ состояніи пара, заключалась въ атмосферѣ. Вѣдь если-бы вода океановъ была распредѣлена вокругъ Земли равномѣрнымъ слоемъ, она должна была бы образовать жидкій покровъ толщиной въ 3000 метровъ, другими словами, оказывая на дно давленіе въ 300 метровъ. Значитъ, это давленіе было по меньшей мѣрѣ давленіемъ первобытной атмосферы. Но мало по малу температура коры упала ниже 360^0, и тогда началось сжиженіе водяныхъ паровъ, горячая вода устремилась на свѣже образованную кору, струясь по ея поверхности и собираясь въ ея углубленіяхъ. Тамъ, гдѣ на своемъ пути этотъ потокъ кипящей воды омывалъ земную поверхность, онъ растворялъ все, что вода могла растворить, и несомнѣнно именно тамъ надо искать причину происхожденія солености морей, которыя содержатъ, по крайней мѣрѣ въ видѣ слѣдовъ, понемногу всѣхъ извѣстныхъ тѣлъ, даже золота. Если бы удалось извлечь все золото изъ океановъ, то составился бы слитокъ такой величины, что, будучи раздѣленъ поровну между 1.500 милліонами жителей земли, онъ доставилъ бы каждому изъ нихъ и каждому изъ насъ, слитокъ цѣною болѣе 120 милліоновъ франковъ!

Начавшееся при 360^0 сжиженіе водяныхъ паровъ продолжалось потомъ, по мѣрѣ того какъ происходило дальнѣй-

шее охлажденіе. Мало по малу температура понижалась, и когда она достигла приблизительно 55°, то наступили условія, при которыхъ могла зародиться жизнь. И какъ только появился зародышъ, призванный къ жизни тою первопричиной, которая ускользаетъ отъ нашего разума, онъ сталъ жить, развиваться, размножаться и видоизмѣняться. Съ этого момента Земля стала обитаемой, и отъ него начинается исторія Земли, называющаяся Геологіей. Мнѣ не слѣдуетъ вспоминать о ней здѣсь: голоса болѣе авторитетные, чѣмъ мой, разскажутъ вамъ когда нибудь объ этомъ. Мы только должны констатировать, что Земля родилась, что она вступила въ юношескій возрастъ, и теперь посмотримъ какова ея жизнь.

* * *

Да, земля живетъ! Она обладаетъ системою круговорота. Солнечная теплота, перенесенная съ большою силою отвѣсными лучами на области, сосѣднія съ экваторомъ, нагрѣваетъ тамъ воды океана и отчасти обращаетъ ихъ въ пары. Поднявшись высоко въ атмосферу вслѣдствіе конвекціи массъ теплаго воздуха, эти пары увлекаются затѣмъ въ холодныя области возвратнымъ движеніемъ контръ пассатовъ и въ высокихъ и холодныхъ частяхъ материка сгущаются въ дождь или въ снѣгъ. Эта вода струится по склонамъ горъ и въ видѣ потоковъ, ручьевъ, большихъ и малыхъ рѣкъ возвращается въ океанъ, гдѣ начинается тотъ же циклъ, образуя земной круговоротъ, аналогичный кровеобращенію въ нашемъ тѣлѣ, причемъ потоки воды должны играть роль артерій и венъ.

Земля дышитъ: достаточно провести два дня на нашихъ берегахъ Бретани, чтобы увидѣть, какъ поверхность океана поднимается и опускается два раза въ теченіе того времени, которое употребляетъ луна, чтобы снова пройти меридіанъ. И нельзя удержаться, чтобы не сравнить этого величественнаго ритма съ тѣмъ, какой поднималъ бы грудь громаднаго существа, вдыхающаго воздухъ, чтобы наполнить имъ свои гигантскія легкія! Но этого мало. Сама твердая кора земли испытываетъ приливы, то подъ согласнымъ, то подъ противоположнымъ дѣйствіемъ двухъ сосѣднихъ свѣтилъ.

Земля дрожитъ и трепещетъ, и то рѣзкія конвульсіи, то легкая дрожь волнуютъ или деформируютъ ея поверхность; какъ это случается и съ другими существами, иногда ея кора трескается, и массы веществъ вырываются изъ ея центра въ формѣ изверженія. Наконецъ, у нея есть настоящая нервная система; по ней безпрестанно пробѣгаютъ электрическіе токи, являющіеся, быть можетъ, причиною потрясающихъ ее судорогъ, въ то время какъ она, подъ вліяніемъ притяженій, законъ которыхъ открылъ и формулировалъ Ньютонъ, тяготѣетъ и вращается вокругъ солнца и также вокругъ своей собственной оси, которая подвергается сложнымъ перемѣщеніямъ, обусловленнымъ экваторіальною выпуклостью земли. А развѣ движеніе не является первымъ показателемъ жизни?

Но всякое живое существо носитъ въ себѣ самомъ зародыши болѣзней, разрушенія и смерти. Составитъ ли земля исключеніе изъ этого общаго закона? И въ случаѣ нападенія со стороны этихъ враждебныхъ зачатковъ, будетъ ли она „бороться за жизнь", какъ борются живыя существа, населяющія ея поверхность?

Самая жизнь Земли является причиной ея медленнаго разрушенія. Мы прослѣдимъ тотъ рядъ аттакъ, которымъ она подвергается, и тогда увидимъ ее: Propter vitam vivendi perdere causas.

Солнце первымъ начинаетъ штурмовать ее. Подъ дѣйствіемъ его лучей, продолжающимся цѣлый день, самыя твердыя скалы нагрѣваются, но нагрѣваются только съ освѣщенной стороны: отсюда происходятъ молекулярныя напряженія, происходящія отъ неравномѣрнаго расширенія поверхностей нагрѣтаго солнцемъ камня. Подъ вліяніемъ этихъ натяженій, повторяющихся ежедневно и прерывающихся каждую ночь, сила сцѣпленія между молекулами становится недостаточной, чтобы удержать ихъ въ соединеніи одну съ другими; и побѣжденная скала трескается: ея поверхность, бывши въ началѣ сплошною, становится растресканной и покрывается разсѣлинами.

Въ это время случается дождь: принесенный на скалистыя вершины въ силу механизма атмосфернаго круговорота, онъ проникаетъ въ щели; на возвышенныхъ вершинахъ

отъ холода вода замерзаетъ; замерзая же и увеличиваясь въ объемѣ, она заставляетъ раскалываться каменныя стѣнки, которыя минутой раньше ее заключали: это вторая фаза разрушенія скалы, которая такимъ образомъ разбивается въ осколки.

Тутъ появляется третій противникъ: сила тяжести. Благодаря напряженію внутренней энергіи складки земной коры подняли скалистыя массы надъ „геоидомъ“, этой поверхностью уровня, матеріализованной поверхностью океановъ. Эти напряженія, поднявъ скалистыя массы и придавъ имъ потенціальную энергію, на мгновеніе восторжествовали надъ силой тяжести, но послѣдняя еще ужасно отомститъ за это. Скалистые обломки, происходящіе отъ растрескиванія скалы подъ дѣйствіемъ мороза, подчиняются законамъ тяготѣнія, которые зовутъ ихъ на болѣе низкіе уровни. Значитъ, обломки будутъ падать, катиться внизъ по склонамъ горъ, откуда ихъ оторвалъ морозъ. Угловатыя формы обломковъ могли бы удержать ихъ тамъ, напримѣръ, въ формѣ откосовъ, если бы четвертый врагъ въ свою очередь не началъ аттаки, и этотъ врагъ—дождевая вода, струящаяся подъ дѣйствіемъ неумолимой силы тяжести. До тѣхъ поръ, пока она не достигла уровня геоида, пока она не смѣшалась съ водой океана, дождевой каплѣ нѣтъ ни минуты отдыха: она скользитъ и непрерывно падаетъ къ поверхности окончательнаго равновѣсія. Падая, струясь въ видѣ потока вдоль склоновъ, она переноситъ и катитъ осколки разбитой горы; она вымываетъ русло, по которому течетъ, и живая сила ея молекулъ, жидкихъ и постоянно возобновляемыхъ частицъ, въ концѣ концовъ побѣждаетъ всѣ препятствія, съ виду самыя непроходимыя. Ручей становится потокомъ, онъ разбиваетъ берега бассейна, въ которомъ должны были временно собраться его воды; онъ открываетъ бреши въ самыхъ громадныхъ преградахъ, возведенныхъ передъ нимъ скалами; въ видѣ непреодолимыхъ водопадовъ онъ вырывается черезъ горныя крутизны: онъ разбрасываетъ все, и ничто не можетъ остановить его въ этомъ неумолимомъ спускѣ къ морямъ, куда въ концѣ концовъ неизбѣжно прійдутъ его воды. Однако, эта работа мало по малу регулируется; свою начальную буйность потокъ сохраняетъ только въ горныхъ

предѣлахъ, а въ низменныхъ частяхъ сила паденія уменьшается. Уклонъ все время уменьшается; тѣла, оторванныя теченіемъ воды, въ частяхъ, по которымъ она стремилась, откладываются въ видѣ наносовъ въ болѣе низкихъ мѣстахъ. Эту разрушительную работу безпрестанно текущей воды исполняютъ безъ остановки и отдыха—и маленькій ручеекъ, и могущественныя рѣки, словомъ всякая струя воды. Результатъ же такого постояннаго разрушенія, продолжающагося въ теченіе многихъ вѣковъ, долженъ свестись къ полному уравненію поверхности всѣхъ материковъ. Перенесенныя подъ дѣйствіемъ неумолимаго тяготѣнія и оторванные отъ земной коры, матеріалы снесутся до уровня моря, соберутся въ его глубинахъ на вѣчный покой и покроются волнистымъ саваномъ воды.

Вода имѣетъ еще одно средство, чтобы сдѣлать болѣе надежнымъ результатъ своего разрушительнаго дѣла, какъ будто ей недостаточно одного теченія, и это средство есть ледъ. Снѣгъ, скопившійся на высокихъ горахъ, часто образуетъ лавины, которыя на своемъ пути срываютъ глыбы камня, деревья, дома и разрушаютъ цѣлыя деревни. Собравшись въ высоко расположенныхъ долинахъ, подъ давленіемъ верхнихъ слоевъ онъ пріобрѣтаетъ плотность льда, и тогда образуется ледникъ, который принимаетъ форму неровностей почвы и который подъ дѣйствіемъ его огромной массы медленно спускается къ мѣстамъ болѣе низкимъ и теплымъ, гдѣ нижняя его часть начинаетъ таять. На пути своего спуска онъ дѣйствуетъ, какъ гигантскій рубанокъ; отрываетъ отъ земли глыбы, которыя вслѣдствіе такой грубой переноски полируются отъ постояннаго тренія, и затѣмъ откладываетъ ихъ въ низкихъ мѣстахъ, когда его передняя часть таетъ подъ дѣйствіемъ болѣе высокой лѣтней температуры. Потоки, происходящіе отъ таянія самого ледника, катятъ тогда глыбы и булыжники и приносятъ ихъ въ нижнія части долины. Когда же эти ледники приходятъ, какъ это бываетъ въ странахъ близкихъ къ полюсу, до самаго моря, то ихъ передняя часть разламывается, отъ нея отрываются огромныя глыбы, и по водѣ начинаютъ блуждать тѣ грозные плавающіе острова, ударъ которыхъ поглощаетъ корабли, хотя бы они и были такъ могущественны, какъ

несчастный Титаникъ! Когда эти „айсберги“ таютъ, то они опускаютъ въ море глыбы оторванныя когда-то отъ земли и удержанныя льдами долгое время въ плѣну; такимъ образомъ и айсберги также способствуютъ тому, чтобы ввести въ океанъ обломки, оторванные отъ материковой земли.

Наконецъ, медленно просачиваясь въ землю, вода нападаетъ на нее, можно сказать, „обманнымъ“ образомъ; она образуетъ тамъ трещины, раздѣляющія землю на части, и если воды, впитавшіяся такимъ образомъ, дѣйствуютъ на массы земли, расположенныя по склонамъ горъ, то вслѣдствіе трещинъ могутъ оторваться крѣпкія и огромныя массы, которыя затѣмъ обрушиваются въ болѣе низкую долину; въ то-же время эти прососавшіяся воды растворяютъ вещества скалъ и переносятъ ихъ растворенными въ океанъ, этотъ обширный резервуаръ продуктовъ, унесенныхъ съ крѣпкой земли.

Даже въ тѣхъ областяхъ, гдѣ вода отсутствуетъ, даже въ пустыняхъ, рельефъ материка постоянно сглаживается, на этотъ разъ вѣтромъ, который переноситъ частицы, происходящія отъ размельченія скалъ и бросаетъ ихъ, какъ бы множество заостренныхъ рѣзцовъ, на скалу, которую обращаетъ въ настоящее изваяніе. Итакъ, если это разъѣданіе не будетъ рѣчнымъ, то будетъ воздушнымъ, такъ основательно изученнымъ моимъ выдающимся учителемъ, профессоромъ Веленомъ. Такимъ образомъ ни одна точка поверхности материковъ не ускользаетъ отъ вліянія атмосферныхъ дѣятелей.

Мы видимъ, что на пользу океана, господина всѣхъ, работаютъ рѣки, потоки и ледники; въ концѣ концовъ ему они приносятъ продукты своей разрушительной работы.

Но доволенъ ли этотъ царь-океанъ тѣмъ, что заставляетъ работать своихъ рабовъ, и получаетъ ли онъ дань отъ ихъ побѣдъ? Вовсе нѣтъ; онъ держится того взгляда, что слѣдуетъ платить своимъ примѣромъ, и самъ бросается съ бѣшенной силой, которую даютъ ему бури, приливы и отливы, на приступъ земныхъ массъ. Когда поднятыя вѣтромъ волны бросаются на берега, то онѣ развиваютъ тамъ силу, достигающую 30-ти тоннъ на 1 кв. метръ; а вѣдь это дѣйствіе происходитъ на протяженіи 250.000 километровъ морскихъ береговъ, окаймляющихъ выступающія

изъ воды земли. Теперь видно, насколько грозна работа подкоповъ, производимая морскими водами; и извѣстно, какія вырѣзки онѣ дѣлаютъ въ самыхъ твердыхъ гранитахъ Бретани, какіе безконечные обвалы онѣ вызываютъ въ скалахъ Нормандіи. Однако, это разрушающее дѣйствіе моря составляетъ только восьмую часть работы текучихъ водъ.

* *
*

Въ какихъ же цифрахъ выражается итогъ этихъ убытковъ?

Де-Лапаранъ считалъ, что сумма матеріаловъ, которые воды ежегодно отнимаютъ у твердой земли, выражается въ 25 кубич. километровъ. Такъ какъ съ другой стороны общій объемъ суши выражается въ 100 милліонахъ куб. километровъ, приблизительно, то становится очевиднымъ, что было бы достаточно максимумъ четыре милліона лѣтъ, чтобы совершенно „выровнять“ материки и сбросить ихъ матеріалъ на дно морей, а эти послѣднія тогда вполнѣ покрыли бы земной шаръ. Къ счастью, земля защищается и „борется“ за жизнь. Матеріалы, оторванные моремъ отъ береговъ, образуютъ вдоль послѣднихъ „береговыя косы“, которыя увеличиваютъ протяженіе материковаго владѣнія; рѣки же, откладывая у своихъ устьевъ осадки, происходящіе отъ ихъ борьбы съ землею, образуютъ тамъ дельты, протяженіе которыхъ иногда значительно, каковы, напримѣръ, дельты Нила или Миссиссипи.

Наконецъ, въ самыхъ нѣдрахъ водъ океана находятся микроскопическіе, но неутомимые работники: полипы, мадрепоры, кораллы; благодаря многовѣковому накопленію ихъ маленькихъ зданій, они образуютъ мели, рифы и цѣлые острова: вся С.-В. Австралія окаймлена коралловымъ „баррьеромъ“, очень опаснымъ для судовъ; множество „atolls“, кольцеобразныхъ островов изъ коралловъ, образовалось вокругъ недавно поднявшихся со дна морей вулкановъ, которые они такимъ образомъ защищаютъ отъ натиска волнъ съ наружной стороны. Наконецъ, такъ же, какъ и въ войнахъ новѣйшей исторіи, въ послѣдній моментъ „выставлялась гвардія“, послѣдняя вспомогательная сила является иногда на помощь аттакуемымъ материкамъ: и эта “гвардія“—есть та внутренняя энергія, которая въ видѣ вулканическихъ извер-

женій выбрасываетъ черезъ кратеры дѣйствующихъ вулкановъ огромныя массы лавы, помогающей увеличенію объема суши и приносящей новые элементы, взятые внутри шара. Одинъ вулканъ Сандвичевыхъ островов отдалъ сушѣ въ одинъ только разъ все то, что она потеряла бы отъ разъѣданія въ теченіе 12.000 лѣтъ. Въ этомъ, стало быть, заключается частичная компенсація уменьшенія суши подъ постояннымъ натискомъ водъ. Во всякомъ случаѣ, какъ всякая медаль, и эта имѣетъ обратную сторону; дѣло въ томъ, что матеріалы, извлеченные изъ подъ нижней части коры, оставляютъ тамъ послѣ своего удаленія пустоту, которая влечетъ за собой внутреннія осѣданія наружной коры земного шара; поэтому отмѣченная компенсація только частична; она не излечиваетъ, а лишь успокоиваетъ боли.

* *
*

Итакъ, мы видѣли, что Земля также не чужда „struggle for life“: она защищается противъ смертоносныхъ элементовъ, стремящихся ее разрушить.

Но здоровое существо, даже если оно побѣдоносно сопротивлялось зародышамъ болѣзней, всегда кончаетъ тѣмъ, что приходитъ въ состояніе старости; оно старѣется. Вмѣстѣ со старостью является уменьшеніе силъ; обмѣнъ замедляется, и вдругъ наступаетъ смерть, неизбѣжное слѣдствіе того холода, который наступаетъ послѣ жара жизни во всей ея полнотѣ. Составитъ ли Земля исключеніе изъ этого закона, или она тоже состарится, прежде чѣмъ въ свою очередь умретъ?

Прежде всего замѣтимъ, что наша маленькая Земля ужъ не молода. Стараясь отыскать способъ вычислить ея возрастъ, мы пробуемъ стать на самыя различныя точки зрѣнія: мы можемъ считать точкой нашего отправленія вмѣстѣ съ океанографами—или продолжительность времени, необходимаго для осуществленія теперешней солености морей, или, какъ это сдѣлали географы, продолжительность времени, въ теченіе котораго закончилось образованіе горныхъ складокъ; или, вмѣстѣ съ геологами,—длительность послѣдовательныхъ осѣданій, которыя образовали слои ея коры; или, наконецъ, вмѣстѣ съ физиками XX-го вѣка,—вол-

нующія насъ явленія радіоактивности нѣкоторыхъ минеральныхъ элементовъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ мы прійдемъ къ согласнымъ между собою выводамъ, по крайней мѣрѣ въ извѣстныхъ предѣлахъ, и можемъ утверждать, что настоящій возрастъ Земли, считая со времени образованія твердой ея коры, заключается между тысячей и двумя тысячами милліоновъ лѣтъ! Двѣ тысячи милліоновъ лѣтъ, въ теченіе которыхъ земная кора сжималась и измѣнялась, въ теченіе которыхъ ея элементы распадались и снова комбинировались, между тѣмъ какъ неприкосновенные свидѣтели этихъ превратностей—„рѣдкіе газы" атмосферы, тѣ „благородные" газы, что изучалъ профессоръ Мурё: гелій, аргонъ, криптонъ, ксенонъ, остаются въ неизмѣнной пропорціи, переживъ всѣ драмы, отъ которыхъ дрожалъ земной шаръ, и оставшись незадѣтыми ни одной изъ ужасныхъ перепетій.

Не смотря на этотъ преклонный возрастъ, который дѣлаетъ нашу планету „зрѣлой особой", споръ между твердой сушей и внѣшними агентами будетъ еще долго тянуться; еще долгое время будутъ возобновляться натиски водъ на крѣпкіе элементы Земли, молодѣющіе отъ игры внутреннихъ силъ. За это время атмосфера обогатится углекислотой, по крайней мѣрѣ въ теченіе нѣсколькихъ сотъ лѣтъ; съ одной стороны вулканы, активность которыхъ кажется заново возрожденной, съ другой же—успѣхи промышленности, которая будетъ пользоваться, вплоть до совершеннаго истощенія, минеральнымъ топливомъ, заключеннымъ въ нѣдрахъ земли, всегда будутъ увеличивать содержаніе этого газа въ атмосферѣ.

Одновременно увеличится и благодѣтельное вліяніе углекислаго газа: этотъ газъ защищаетъ Землю отъ чрезмѣрно быстраго охлажденія, и было вычислено, что если бы исчезло то количество ея, которое нынѣ заключено въ атмосферѣ, хотя оно и очень малое, всего только одна трехтысячная,—то температура земной поверхности уменьшилась бы на 20 градусовъ.

Изученіе прошлаго Земли показываетъ, что подобныя измѣненія происходили нѣкогда и имѣли, даже на условія самой жизни, такое вліяніе, на важность котораго указываетъ намъ Геологія. Если количество угольной кислоты

увеличивается,—что мы усматриваемъ изъ постояннаго поглощенія ея водою океановъ, такъ какъ надъ ними количество этого газа въ воздухѣ на одну десятую меньше, чѣмъ надъ континентомъ, то защита Земли отъ излученія теплоты будетъ еще больше, температура повысится, климатическія условія улучшатся, и ближайшіе слѣдующіе вѣка будутъ умѣренными эпохами, въ продолженіе которыхъ не надо будетъ опасаться ужасныхъ ледниковыхъ періодовъ, характеризовавшихъ начало четвертичной эры. Почва, слѣдовательно, получитъ возможность стать болѣе плодородной, такъ какъ увеличеніе температуры окружающаго ее воздуха увеличитъ вмѣстѣ съ тѣмъ и количество заключающагося въ атмосферѣ водяного пара, а также увеличитъ обиліе стремительныхъ водъ; благодаря этому явятся богатыя жатвы, умножится растительность, и для людей наступятъ благодатныя времена.

Но все это будетъ только временною задержкою въ непрерывномъ движеніи Земли къ старости и смерти. Солнце по прошествіи времени, которое Гельмгольтцъ исчисляетъ въ 17 милліоновъ лѣтъ, охлажденное вслѣдствіе своего непрерывнаго лучеиспусканія, дойдетъ до четверти своего нынѣшняго объема. Значительно раньше наступленія этого сжатія, температура земного шара, недостаточно нагрѣваемаго охладившимся Солнцемъ, не будетъ превосходить нуля. Жизнь на Землѣ, вѣроятно, не протянется такъ долго, и великій нѣмецкій физикъ опредѣлилъ крайнюю ея продолжительность приблизительно въ шесть милліоновъ лѣтъ; таково время, которое осталось бы людямъ для выполненія судебъ, предназначенныхъ человѣчеству.

Что же случится съ самой Землей, когда вслѣдствіе всеобщей смерти она лишится всѣхъ живыхъ существъ, населявшихъ ея поверхность? Удастся-ли человѣку использовать старыя силы природы и пустить въ дѣло новыя, которыя будутъ еще открыты наукой, доведенной до высшаго напряженія, и подчинитъ ли онъ себѣ внѣ земныя энергіи, чтобы отдалить свой роковой часъ? Добьется-ли онъ того, чтобы передать другимъ мірамъ результаты побѣдъ своего генія, который медленно, въ теченіе вѣковъ, будетъ разбирать одну за другой темныя загадки изъ книги Природы, законы которой онъ, наконецъ, будетъ въ со-

стояніи постигнуть? Мы не знаемъ этого; но мы знаемъ несомнѣнно то, что во время охлажденія Солнца, температура Земли понизится и упадетъ значительно ниже нуля, и это будетъ періодомъ окончательной смерти.

Не получая болѣе отъ охлажденнаго Солнца количества тепла, необходимаго для сохраненія жидкаго состоянія, океаны и рѣки обратятся сначала въ глыбы льда, а облака атмосферы, сгущенныя въ снѣгъ, упадутъ на землю и не будутъ болѣе обволакивать нашу планету своимъ покровомъ, который такъ хорошо предохраняетъ ее отъ излученія въ небесныя пространства. Поэтому можно быть увѣреннымъ, что, начиная съ этого момента, охлажденіе земли пойдетъ гораздо быстрѣе, и драма ускоренно подвинется къ развязкѣ.

Углекислота въ свою очередь исчезнетъ, ибо, какъ только температура станетъ достаточно низкою, она опустится на поверхность земли, уплотнится до состоянія мелкаго снѣга, снѣга, которымъ мы пользуемся въ лабораторіяхъ для полученія низкой температуры, и вмѣстѣ съ ней упадетъ послѣдній покровъ, защищающій землю отъ окончательнаго застыванія. Когда температура упадетъ до 200° ниже нуля, появятся новые океаны, и воды ихъ будутъ собираться въ углубленіяхъ образованныхъ льдами: они произойдутъ изъ сжиженныхъ азота и кислорода воздуха подъ дѣйствіемъ холода. Въ атмосферѣ тогда останутся только водородъ и гелій.

Но охлажденная кора будетъ покрывать земной шаръ, помертвѣвшій только снаружи; внутри его еще будетъ заключаться огненная магма, которая будетъ оставаться въ раскаленномъ состояніи еще въ теченіе тысячъ вѣковъ. Очень незначительная часть этой теплоты будетъ доходить до поверхности земли, вслѣдствіе теплопроводности все болѣе и болѣе утолщающейся коры, и температура Земли теперь не достигнетъ абсолютнаго нуля (—273°) только вслѣдствіе дѣйствія послѣднихъ лучей умирающаго Солнца, которое, перейдя изъ свѣтло-краснаго въ темно-красный цвѣтъ, станетъ наконецъ въ свою очередь совершенно темнымъ. Тогда на поверхности этого, отнынѣ потухшаго свѣтила, образуется твердая поверхностная корка такъ же, какъ образовалась земная кора; томясь, вслѣдствіе напряженія огромной

огненной массы, которую она будетъ заключать, она сначала растрескается и дастъ выходъ внутреннимъ лавамъ, а затѣмъ мало по малу станетъ непрерывной.

Начиная съ этого момента, охлажденіе Солнца пойдетъ быстрѣе, чѣмъ охлажденіе Земли, потому что вблизи его не будетъ даже охлаждающагося свѣтила, чтобы излучать на него остатокъ своей теплоты. Въ вѣчной ночи пространства, ночи, едва освѣщенной блѣднымъ мерцаніемъ отдаленныхъ звѣздъ, Солнцу прійдется увидѣть, какъ на него будетъ падать водяной паръ его атмосферы и образовывать тамъ эѳемерные океаны, которые никогда не увидятъ свѣта, и едва родившись, обратятся въ ледяныя равнины. Газы солнечной атмосферы въ свою очередь сгустятся, и Солнце въ свою очередь станетъ шаромъ бездѣйственнымъ снаружи, а внутри его будетъ содержаться неизмѣримый резервуаръ тепловой энергіи, предохраненной отъ полнаго охлажденія на милліарды милліоновъ лѣтъ посредствомъ своихъ нетеплопрозрачныхъ стѣнокъ. Солнце будетъ продолжать свой путь въ небесномъ пространствѣ по направленію звѣзды Вега, ведя за собой весь хороводъ планетъ, потухшихъ съ поверхности, какъ подвигался бы огромный снарядъ, заряженный колоссальнымъ запасомъ самыхъ ужасныхъ взрывчатыхъ веществъ, составленныхъ изъ эндотермическихъ соединеній, собранныхъ вокругъ его центра и поддерживаемыхъ при температурѣ въ нѣсколько милліоновъ градусовъ.

А Земля, скромная граната по сравненію съ этой огромной бомбой, будетъ продолжать въ силу притяженія массъ вращаться вокругъ своего потухшаго солнца.

Земля умерла!

* *
*

Земля мертва и съ этихъ поръ составляетъ часть мертваго міра. Воскреснетъ ли этотъ міръ? Сванте Аррениусъ говоритъ намъ, что да.

Встрѣча двухъ шаровъ, потухшихъ съ поверхности, по предположенію великаго шведскаго физика, можетъ и даже должна повлечь за собой обновленіе небеснаго тѣла. Самыя близкія къ намъ звѣзды находятся на разстояніи приблизи-

тельно равномъ десяти „свѣтовымъ годамъ“ [1]). А такъ какъ наше солнце двигается въ направленіи звѣзды Вега со скоростью 20-ти километровъ въ секунду, то ему понадобилось бы по меньшей мѣрѣ сто тысячъ милліардовъ лѣтъ, чтобы пролетѣть это разстояніе и столкнуться съ этою звѣздою.

Но на небѣ существуютъ только блестящія свѣтила, только „живыя“ звѣзды: поэтому другое какое-нибудь мертвое солнце, хотя бы для насъ и невидимое, можетъ оказаться на пути нашего. Возможность такой встрѣчи очень быстро увеличивается съ уменьшеніемъ разстоянія между тѣлами, потому что сила ихъ притяженія увеличивается пропорціонально квадрату уменьшенія этого разстоянія. Можно ли примѣнить къ этому захватывающему случаю вычисленіе возможностей? Думаютъ, что можно, и находятъ, что время, которое должно истечь до этой встрѣчи, будетъ величиной въ одинъ трилліонъ лѣтъ, другими словами будетъ во сто разъ болѣе продолжительности жизни солнца.

Этотъ ужасный ударъ произойдетъ при скорости около 600 километровъ въ секунду, и онъ произойдетъ навѣрно вкось; вслѣдствіе этого онъ сообщитъ этой системѣ вращательное движеніе, скорость котораго на окружности будетъ огромна. Что же касается двухъ столкнувшихся тѣлъ, то если бы они даже и были составлены изъ холодныхъ веществъ до самаго ихъ центра, живой силы толчка, превращенной въ теплоту, было бы достаточно, чтобы обратить ихъ въ парообразное состояніе. Но мы знаемъ, кромѣ того, что эти тѣла суть снаряды, состоящіе изъ коры, въ центрѣ которой находятся эндотермическіе соединенія, и что они представляютъ собою такія взрывчатыя вещества, рядомъ съ которыми нашъ самый ужасный порохъ кажется только игрушкою. Что же касается возможности образованія подобныхъ соединеній, то достаточно подумать одинъ моментъ о непрестанномъ выдѣленіи тепла радіоактивными тѣлами и прибавить къ нему еще вліяніе колоссальныхъ давленій. Являясь несомнѣнно продуктомъ соединенія гелія и водо-

---

[1]) Свѣтовой годъ соотвѣтствуетъ разстоянію, равному скорости свѣта, помноженной на число секундъ, содержащихся въ году.

рода, первоначальныхъ составныхъ частей туманности, эти соединенія вмѣстѣ съ углеродомъ и металлами образовались во время развитія солнцъ, въ теченіе ихъ блестящаго періода. Когда происходитъ столкновеніе между двумя потухшими солнцами, то внезапно освобожденныя взрывчатыя вещества не только сами распадаются, но и составляющіе ихъ элементы разлагаются на гелій и водородъ, выдѣляя при этомъ количество тепла, превосходящее всякія исчисленія.

Испареніе ядра приводитъ, слѣдовательно, къ рожденію блестящаго свѣта, новой звѣзды, какъ напримѣръ „nova Persei". Иногда даже при употребленіи раскаленныхъ веществъ можетъ произойти нѣсколько свѣтилъ; двѣ боковыя газовыя струи, какъ слѣдствіе косого удара, отбрасываются далеко отъ ядра и вращаются въ видѣ центробѣжной спирали со скоростью нѣсколькихъ сотенъ километровъ въ секунду, и послѣдніе заключающіеся въ нихъ газы, расширяясь въ пространство, образуютъ спирали новой туманности, одно ядро или многія ядра которой станутъ зачатками рождающихся звѣздъ. Стало быть, система туманности со звѣздой въ ея центрѣ можетъ существовать, и всѣ тѣ фазы, черезъ которыя прошли наши солнце и его планеты, могутъ повториться, начавши новый циклъ.

Да, это дѣйствительно будетъ „воскресеніе міра". И еще одинъ лишній разъ на гигантскомъ циферблатѣ небесъ, гдѣ жизнь Солнцъ измѣряетъ минуты, громадные часы Вѣчности закончатъ одинъ изъ своихъ оборотовъ.

Парижъ.

Практическія работы съ линзами и зрительными трубами.

А. Л. Королькова.

Для тонкой линзы, съ обѣихъ сторонъ которой находится одна и та же среда (воздухъ), существуетъ слѣдующая зависимость между разстояніемъ p отъ свѣтящейся точки до середины стекла, разстояніемъ p'_1 отъ изображенія до той же середины стекла и фокуснымъ разстояніемъ f

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f},$$

причемъ

$$\frac{1}{f} = -(n-1)\left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R_1}\right].$$

Здѣсь n есть показатель преломленія стекла относительно окружающей средины, R и R_1—радіусы сферическихъ поверхностей, ограничивающихъ линзу.

Въ этихъ формулахъ разстоянія отъ средины линзы [p, p_1, R, R_1] надо считать положительными, если они направлены отъ линзы въ сторону свѣтящейся точки, и отрицательными въ противномъ случаѣ. При этомъ соглашеніи формула примѣнима, какъ для собирательныхъ, такъ и для разсѣивающихъ линзъ.

1. Опредѣленіе главнаго фокуснаго разстоянія линзы по разстояніямъ p, p_1 до предмета и изображенія. Предметъ, линза и экранъ находятся на подвижныхъ подставкахъ вдоль оптической скамьи. Устанавливаютъ линзу такъ, чтобы на экранѣ получить отчетливое изображеніе предмета (проволочная сѣтка, или нить лампы накаливанія, или перекрестье

нитей) по другую сторону линзы на разстояніи $b = -p_1$, причемъ предметъ находится на разстояніи $p = a$. Тогда

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}; \quad f = \frac{ab}{a+b}.$$

Повторяютъ опытъ нѣсколько разъ, мѣняя a и b такъ, чтобы изображенія получились то увеличенныя, то уменьшенныя, то близкія по величинѣ между собою. Изъ полученныхъ значеній f берутъ среднее. Въ частномъ случаѣ, если $a = b$, то $f = \frac{a}{2}$ (фокометръ). Методъ не можетъ дать хорошихъ результатовъ вслѣдствіе недостаточной опредѣленности начала разстояній, ибо середина линзы недоступна. Если a и b сильно различаются между собою, то относительная ошибка результата будетъ зависѣть отъ относительной ошибки меньшей изъ величинъ a или b и потому будетъ велика. При равенствѣ a и b результаты получаются лучше.

Примѣръ[1]). Собирательная линза.

Изображеніе почти равно предмету

	a	b
	60,0 см.	54,1 см.
	60,1 „	53,9 „
	60,4 „	53,6 „
Средн.	60,2 см.	53,9 см.

$$f = \frac{ab}{a+b} = \frac{60{,}2 \,.\, 53{,}9}{60{,}2+53{,}9} = 28{,}44 \text{ см.}$$

Изображеніе уменьшено

	a	b
	110,9 см.	42,0 см.
	110,7 „	42,1 „
	110,8 „	42,1 „
Средн.	110,8 см.	42,1 см.

$$f = \frac{110{,}8 \,.\, 42{,}1}{110{,}8+42{,}1} = 30{,}51 \text{ см.}$$

[1]) Числовые примѣры взяты изъ очень полезной книги T. Berndt & C. Boldt. Physikalisches Praktikum. Имѣется переводъ на русскій языкъ А. Н. Померанскаго.

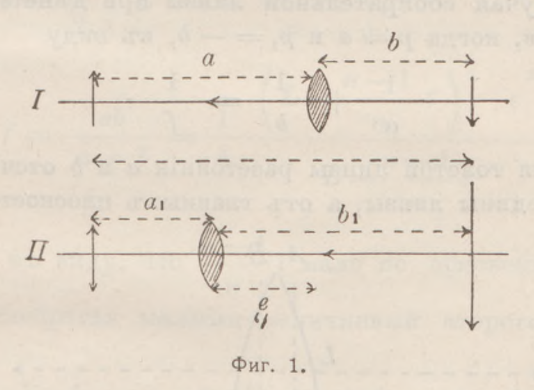
Изображеніе увеличено

a	b
38,8 см.	114,4 см.
39,4 „	113,8 „
38,6 „	114,5 „
Средн. 38,9 см.	114,2 см.

$$f = \frac{38{,}9 \cdot 114{,}2}{38{,}9 + 114{,}2} = 29{,}02 \text{ см.}$$

Средн. $f = 29{,}32$ см.

2. Опредѣленіе фокуснаго разстоянія линзы по способу Бесселя. Этотъ пріемъ отличается тѣмъ, что надо измѣрять не разстояніе отъ середины линзы, а только перемѣщеніе e линзы и разстояніе L между экраномъ и источникомъ свѣта. Ставятъ источникъ свѣта и экранъ на возможно большое разстояніе L другъ отъ друга и затѣмъ передвигаютъ линзу такъ, чтобы на экранѣ получилось отчетливое уменьшенное изображеніе, а для второго опыта передвигаютъ линзу такъ,



Фиг. 1.

чтобы отчетливое изображеніе получилось увеличеннымъ. Пусть при переходѣ отъ перваго опыта ко второму линзу придется передвинуть на e см. Во второмъ опытѣ въ сущности экранъ и источникъ свѣта помѣняются мѣстами:

$$a + b = L$$

для второго опыта

$$a_1 + b_1 = L.$$

Кромѣ того

$$a_1 = a - e = b$$
$$b_1 = b + e = a.$$

Отсюда

$$a - b = e \qquad a = \frac{L + e}{2}$$

$$a + b = L \qquad b = \frac{L - e}{2}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{L + e} + \frac{2}{L - e} = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{L^2 - e^2}{4L}.$$

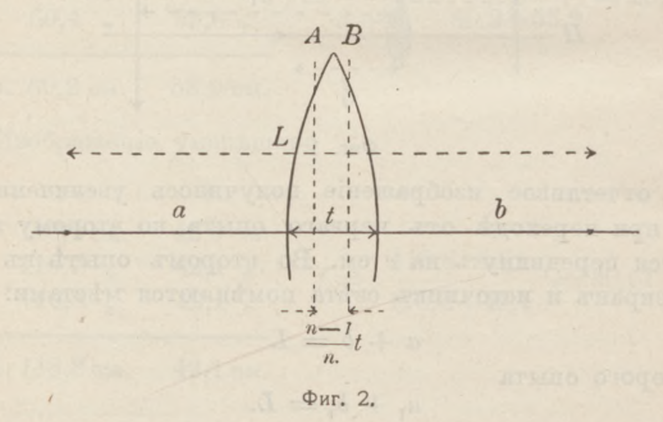
Этотъ способъ пригоденъ для опредѣленія фокуснаго разстоянія и для толстыхъ линзъ. Въ этомъ случаѣ формула для линзъ, какъ извѣстно, приводится къ тому же виду, что и для тонкихъ линзъ

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f},$$

или для случая собирательной линзы при дѣйствительномъ изображеніи, когда $p = a$ и $p_1 = -b$, къ виду

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}.$$

Но для толстой линзы разстоянія a и b отсчитываются не отъ середины линзы, а отъ главныхъ плоскостей A и B.



Фиг. 2.

Разстояніе между главными плоскостями въ зависимости отъ толщины стекла t выражается длиною $\frac{n-1}{n}t$, гдѣ n есть

показатель преломленія стекла. Во избѣжаніе обычнаго въ оптикѣ сложнаго вывода можно разсматривать среднія части толстой линзы, какъ ограниченныя параллельными плоскостями. Пластинка имѣющая толщину t для нормальныхъ лучей приближаетъ предметъ на величину $\frac{n-1}{n}t$.

Поэтому предыдущій выводъ для толстой линзы нѣсколько измѣняетъ свой видъ, ибо

$$a + b = L - \frac{n-1}{n}t$$

$$a - b = e.$$

Поэтому

$$a = \frac{1}{2}\left[L + e - \frac{n-1}{n}t\right],$$

$$b = \frac{1}{2}\left[L - e - \frac{n-1}{n}t\right],$$

$$f = \frac{ab}{a+b} = \frac{1}{4}\frac{\left(L - \frac{n-1}{n}t\right)^2 - e^2}{L - \frac{n-1}{n}t}.$$

Имѣя въ виду, что $\frac{n-1}{n}t$ мало по сравненію съ L, и потому пренебрегая малыми величинами второго порядка, получимъ

$$f = \frac{1}{4L}\left(L^2 - 2L\frac{n-1}{n}t - e^2\right)\left(1 + \frac{n-1}{n}\frac{t}{L}\right),$$

$$f = \frac{L^2 - e^2}{4L} - \frac{n-1}{n}\frac{L^2 + e^2}{4L^2}t.$$

Такимъ образомъ для толстыхъ стеколъ является поправочный членъ въ зависимости отъ толщины стекла t и показателя преломленія n

$$\frac{n-1}{n}\frac{L^2 + e^2}{4L^2}t.$$

3. **Разсѣивающая линза**. Способъ Бесселя непримѣнимъ къ разсѣивающей линзѣ въ виду отсутствія дѣйствительнаго изображенія отъ разсѣивающей линзы. Поэтому для опредѣленія фокуснаго разстоянія f_1 разсѣивающей линзы, прикладываютъ къ разсѣивающей линзѣ болѣе сильную собирательную линзу съ фокуснымъ разстояніемъ f_2 (приклеиваютъ воскомъ), закрываютъ края линзъ кольцевымъ экраномъ и опредѣляютъ общее фокусное разстояніе f_3 однимъ изъ вышеуказанныхъ способовъ. Тогда

$$\frac{1}{f_3} = \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1}.$$

Отсюда найдемъ f_1

$$f_1 = \frac{f_3 f_2}{f_2 - f_3}.$$

1. Примѣръ. Способъ Бесселя; собирательная линза. Разстояніе L между источникомъ и экраномъ 184,5 см.

1-я установка линзы.	2-я установка линзы.
38,0 см.	148,0 см.
37,8 „	147,8 „
37,8 „	147,5 „
Средн. 37,87 см.	Средн. 147,77 см.

$$e = 147,77 - 37,87 = 109,90 \text{ см.}$$

$$f = \frac{L^2 - e^2}{4L} = \frac{184,5^2 - 147,77^2}{4 \,.\, 184,5} = 29,76 \text{ см.}$$

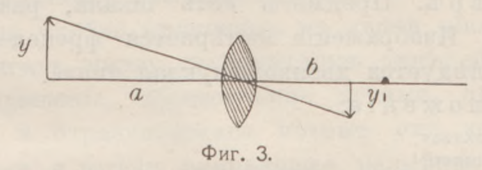
2. Примѣръ. Разсѣивающая линза (f_1) вмѣстѣ съ собирательною линзою ($f_2 = 29,76$ см.). Для комбинаціи линзъ

$a = 63,8$ см.	$b = 142,5$ см.
64,2 „	142,1 „
64,0 „	142,3 „
Средн. 64,0 см.	Средн 142,3 см.

$$f_3 = \frac{ab}{a+b} = \frac{64,0 \,.\, 142,3}{64,0 + 142,3} = 44,15 \text{ см.}$$

$$f_1 = \frac{f_2 f_3}{f_2 - f_3} = \frac{29,76 \,.\, 44,15}{29,76 - 44,15} = -\,91,30 \text{ см.}$$

4. Опредѣленіе фокусныхъ разстояній методомъ Аббе. Въ этомъ способѣ измѣреніе сводится къ измѣренію перемѣщенія линзы и къ измѣренію увеличенія v, даваемаго линзой, въ двухъ положеніяхъ линзы. Для этой цѣли отъ линіи y, опредѣленной и тщательно измѣренной величины,



Фиг. 3.

получаютъ изображеніе y_1, величину котораго также тщательно измѣряютъ. Тогда увеличеніе

$$v = \frac{y_1}{y} = \frac{b}{a} \text{ и } b = va.$$

Отсюда

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} = \frac{1}{a}\left(1 + \frac{1}{v}\right).$$

При второмъ опытѣ измѣняютъ a и b на a_1 и b_1. Тогда новое увеличеніе найдется такъ:

$$v_1 = \frac{b_1}{a_1} \qquad b_1 = a_1 v_1$$

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f} = \frac{1}{a_1}\left[1 + \frac{1}{v_1}\right].$$

Пусть $a = a_1 + d$, причемъ d есть передвиженіе линзы для перехода ея ко второму положенію. Тогда

$$1 + \frac{1}{v} = \frac{a}{f},$$

$$1 + \frac{1}{v_1} = \frac{a - d}{f}.$$

Отсюда

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{v_1} = \frac{d}{f},$$

$$f = d \cdot \frac{v\,v_1}{v_1 - v}.$$

Этотъ способъ примѣнимъ и для системъ линзъ съ малымъ фокуснымъ разстояніемъ (объективовъ и окуляровъ микроскоповъ). Но въ виду малости полученнаго изображенія предмета, необходимо пользоваться для измѣренія ве-

личины изображенія лупою съ нитянымъ крестомъ, перемѣщаемою вдоль изображенія при помощи микрометреннаго винта (френелевская лупа [1]). При пользованіи микрометромъ надо, во избѣжаніе ошибки отъ мертваго хода винта, подводить нити къ измѣряемому изображенію всегда съ одной стороны.

Примѣръ. Предметъ есть шкала, раздѣленная на миллиметры. Изображеніе измѣряется френелевскимъ окуляромъ. Изслѣдуется двояковыпуклая линза.

1-е положеніе:

Дѣл. шкалы.	Показат. микром.		
a_1 . .	17,805 мм.	$a_6 - a_1$ . .	0,876
a_2 .	18,020 „	$a_7 - a_2$ . .	0,824
a_3 . .	18,125 „	$a_8 - a_3$ . .	0,901
a_4 . .	18,357 „	$a_9 - a_4$.	0,815
a_5 .	18,519 „	$a_{10} - a_5$.	0,837
a_6 . .	18,681 „		
a_7 . .	18,844 „	Средн. . .	0,850 соотв. 5 мм. шкалы.
a_8 . .	19,026 „		
a_9 . .	19,172 „		
a_{10} . .	19,356 „		

$$\text{Увеличеніе } v = \frac{0{,}850}{5} = 0{,}1700.$$

Край штатива линзы стоитъ на мѣткѣ 191,2 см. въ 1 полож.
„ „ „ „ „ „ 141,0 „ во 2 „

Передвиженіе . . . . $d = 50{,}2$ см.

2-е положеніе.

Дѣл. шкалы.	Показат. микром.		
a_1 . .	19.226 мм.	$a_6 - a_1$ . .	1,240
a_2 . .	19,534 „	$a_7 - a_2$.	1,146
a_3 . .	19,730 „	$a_8 - a_3$.	1,216
a_4 . .	19,991 „	$a_9 - a_4$ . .	1,152
a_5 . .	20,201 „	$a_{10} - a_5$.	1,210
a_6 . .	20,466 „		
a_7 . .	20,680 „	Средн. . .	1,193 соотв. 5 дѣл. шкалы.
a_8 .	20,946 „		
a_9 . .	21,143 „		
a_{10} . .	21,411 „		

$$\text{Увеличеніе } v_1 = \frac{1{,}193}{5} = 0{,}2386.$$

$$f = d \cdot \frac{vv_1}{v_1 - v} = 50{,}2 \cdot \frac{0{,}1700 \, . \, 0{,}2386}{0{,}2386 - 0{,}1700} = 29{,}68 \text{ см.}$$

[1]) Если ходъ винта въ 1 мм. и на головкѣ его 100 дѣленій, то можно измѣрять сотыя доли миллиметра и оцѣнивать тысячныя доли миллиметра.

5. Упрощенные пріемы для опредѣленія фокусныхъ разстояній линзъ. Простѣйшій пріемъ для опредѣленія фокусныхъ разстояній заключается въ полученіи на экранѣ изображенія отъ очень удаленнаго предмета (солнце) и измѣреніи разстоянія отъ стекла до изображенія. Это разстояніе и равно фокусному разстоянію линзы.

Иногда удобно приложить къ линзѣ плоское зеркало и затѣмъ двигать линзу съ зеркаломъ такъ, чтобы предметъ и его изображеніе, образованное лучами, преломившимися въ стеклѣ и отразившимися потомъ отъ зеркала назадъ, были рядомъ и имѣли одинаковые размѣры. Если это случилось, то, значитъ, предметъ и изображеніе, оба находятся на фокусномъ разстояніи отъ линзы. Лучи, идущіе отъ каждой точки предмета, помѣщеннаго въ фокусѣ линзы, вышли послѣ преломленія въ линзѣ параллельнымъ пучкомъ. Параллельные лучи, отраженные зеркаломъ, послѣ преломленія въ линзѣ, вновь соберутся въ ея фокусѣ.

6. Опредѣленіе показателя преломленія n стекла по его фокусному разстоянію f и радіусамъ R и R_1 кривизны его поверхностей. Мы ранѣе написали слѣдующую зависимость между вышеназванными величинами

$$f = -(n-1)\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_1}\right).$$

По этой зависимости найдемъ n, зная прочія величины. Радіусы кривизны R и R_1 можно измѣрить сферометромъ или при помощи теодолита, наблюдая зеркальныя изображенія въ кривыхъ поверхностяхъ линзы.

Сравненіе показателей преломленія жидкостей. Для этой цѣли къ собирательному стеклу прикрѣпляютъ плоское зеркало (резиновыми кольцами или иными зажимами, или же въ нѣсколькихъ точкахъ воскомъ) и опредѣляютъ вышеуказаннымъ методомъ (полученіемъ изображенія предмета рядомъ съ послѣднимъ и той же величины) фокусное разстояніе f_0 стекла. Потомъ помѣщаютъ между линзою и плоскимъ зеркаломъ каплю воды, которая будетъ держаться вслѣдствіе капиллярности; края линзы закрываютъ діафрагмою. Опредѣляютъ тѣмъ же способомъ фокусное разстояніе f_1 комбинаціи стеклянной линзы и жидкой линзы,

образовавшейся между стеклянной линзой и зеркаломъ. Если радіусъ задней поверхности стеклянной линзы есть R, то таковъ же будетъ радіусъ и передней поверхности водяной линзы, фокусное разстояніе которой назовемъ черезъ φ

$$\frac{1}{\varphi} = -(n_1 - 1)\frac{1}{R}$$ (n_1 — показатель преломленія воды).

Для комбинаціи линзъ имѣемъ

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{f_0} + \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{f_0} - (n_1 - 1)\frac{1}{R}.$$

Замѣнивъ воду другою жидкостью съ показателемъ преломленія n_2 и опредѣливъ фокусное разстояніе f_2 новой комбинаціи, получимъ

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_0} - (n_2 - 1)\frac{1}{R}.$$

Отсюда имѣемъ

$$\left(\frac{1}{f_0} - \frac{1}{f_2}\right)\frac{1}{(n_2 - 1)} = \left(\frac{1}{f_0} - \frac{1}{f_1}\right)\frac{1}{(n_1 - 1)} = \frac{1}{R},$$

или

$$\frac{n_2 - 1}{n_1 - 1} = \frac{\frac{1}{f_0} - \frac{1}{f_2}}{\frac{1}{f_0} - \frac{1}{f_1}}.$$

Зная n_1, найдемъ отсюда n_2.

7. Упражненія. 1) Закрыть среднюю часть стеклянной линзы экраномъ, оставивъ только открытыми края на 0,5 см. Найти фокусное разстояніе f_1 для крайнихъ лучей.

Закрыть края линзы, оставивъ открытой среднюю часть линзы (діаметромъ въ 1 см.), найти фокусное разстояніе f_2 для центральныхъ лучей.

$f_2 - f_1$ можетъ служить мѣрою сферической аберраціи линзы.

2) Найти фокусныя разстоянія f_k и f_c центральныхъ лучей, пропустивъ лучи одинъ разъ черезъ красный свѣтофильтръ, а другой разъ черезъ синій свѣтофильтръ. Разность $f_k - f_c$ можетъ служить мѣрою хроматической аберраціи линзы.

3) Повернувъ линзу на нѣсколько градусовъ вокругъ вертикальной оси, замѣтить, что отъ свѣтящейся точки получается 3 изображенія на различныхъ разстояніяхъ отъ линзы. Первое изображеніе въ видѣ вертикальной линіи, второе въ видѣ болѣе или менѣе расплывчатаго пятна и третье въ видѣ горизонтальной линіи[1]). Это явленіе называется астигматизмомъ. Для измѣренія разстоянія между двумя изображеніями, получающимися вслѣдствіе астигматизма, удобно взять, какъ предметъ, сѣтку изъ вертикальныхъ и горизонтальныхъ проволокъ. При извѣстномъ положеніи отчетливо видны на экранѣ только горизонтальныя линіи, а при другомъ только вертикальныя. При нѣкоторомъ среднемъ положеніи видны обѣ серіи проволокъ.

Въ оптикѣ доказывается, что зависимость между удаленіями a_1 и a_2 астигматическихъ полосокъ отъ линзы, фокуснымъ разстояніемъ f линзы, разстояніемъ b источника отъ линзы, угломъ φ поворота линзы существуетъ слѣдующая зависимость

$$\frac{\frac{1}{a_1}+\frac{1}{b}}{\frac{1}{a_2}+\frac{1}{b}}=\frac{1}{\mathrm{Cos}^2\varphi}.$$

Отсюда, зная a_1, a_2 и b, можно вычислить φ.

4) Провѣрить, что для двухъ тонкихъ линзъ съ фокусными разстояніями f_1 и f_2, поставленныхъ непосредственно рядомъ, общее фокусное разстояніе f можетъ быть вычислено по формулѣ

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}.$$

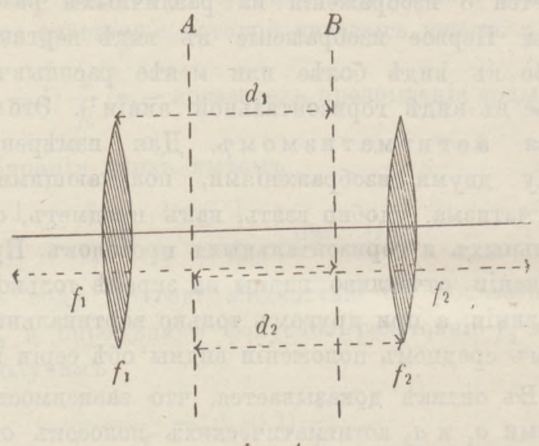
5) Для двухъ линзъ, удаленныхъ другъ отъ друга на разстояніе t, общее фокусное разстояніе f найдется по формулѣ

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}-\frac{t}{f_1 f_2}.$$

---

[1]) Выдѣлить при этомъ экраномъ узкій центральный пучекъ лучей.

При этомъ надо не забыть, что f отсчитывается отъ главныхъ плоскостей A и B.



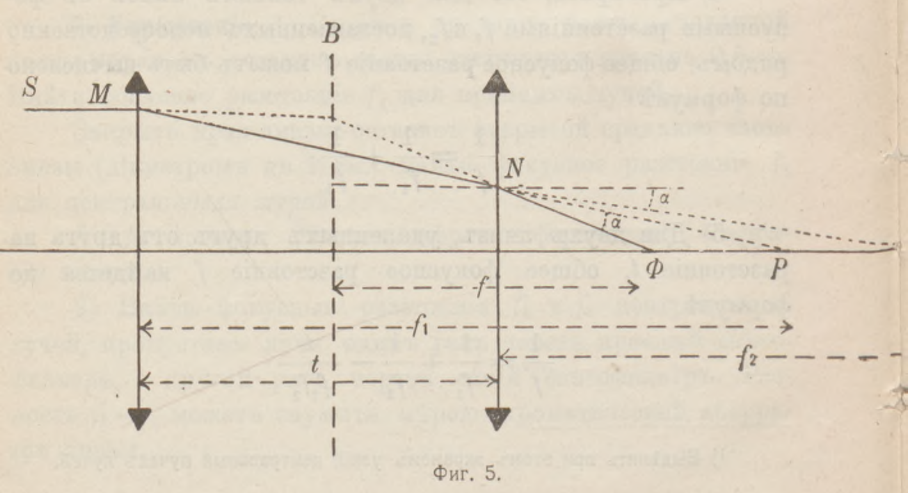
Фиг. 4.

Разстоянія d_1 и d_2 главныхъ плоскостей отъ соотвѣтствующихъ линзъ, находятся по формуламъ

$$d_1 = t\left(1 - \frac{f}{f_1}\right),$$

$$d_2 = t\left(1 - \frac{f}{f_2}\right).$$

6) Построить графически фокусъ, фокусное разстояніе f и главныя плоскости для комбинаціи двухъ линзъ, которыхъ фокусныя разстоянія суть f_1 и f_2, а разстояніе между



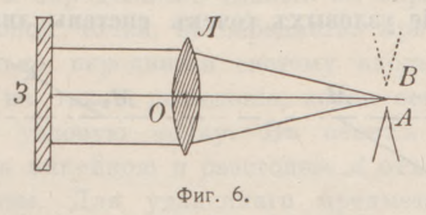
Фиг. 5.

линзами равно t. Воспользоваться тѣмъ свойствомъ элементарныхъ призмъ, изъ которыхъ состоитъ линза, что отклоненіе, даваемое элементарною призмою, не зависитъ отъ поворота призмы, и потому оно будетъ одинаково, какъ для параллельнаго пучка лучей, такъ и для наклоннаго. Лучъ, падающій на первую линзу въ точкѣ M параллельно оси, пересѣкъ бы ось въ точкѣ P на главномъ фокусномъ разстояніи f_1. Но на пути онъ встрѣтитъ вторую линзу въ точкѣ N, отклонится на уголъ α и пересѣчетъ ось въ фокусѣ системы линзъ Φ. Уголъ α найдемъ, зная, что лучъ, параллельный оси и попавшій въ точку N, отклонился бы тоже на уголъ α и пересѣкъ бы ось на разстояніи f_2 отъ второго стекла. Продолживъ ΦN и SM до пересѣченія въ точкѣ B, получимъ точку B первой главной плоскости, которая перпендикулярна къ оси линзы.

8. Способъ параллакса. Въ предыдущихъ упражненіяхъ предполагалось, что изображеніе предмета (дѣйствительное) принимается на экранъ и наблюдается глазомъ. Гораздо удобнѣе во многихъ случаяхъ отмѣчать положеніе изображенія при помощи острія иголки A, совмѣщаемаго съ изображеніемъ точки B. Если точки A и B совпадаютъ, то при движеніи глаза въ ту или другую сторону точки A и B продолжаютъ казаться совпадающими.

Если B ближе A, то при движеніи глаза влѣво дальняя точка A кажется также перемѣстившеюся влѣво; при перемѣщеніи глаза вправо дальняя точка перемѣщается вправо. Это кажущееся перемѣщеніе (угловое) наблюдаемыхъ точекъ при ихъ несовпаденіи называется явленіемъ параллакса.

Примѣры: 1. Для измѣренія фокуснаго разстоянія собирательной линзы помѣщаютъ сзади

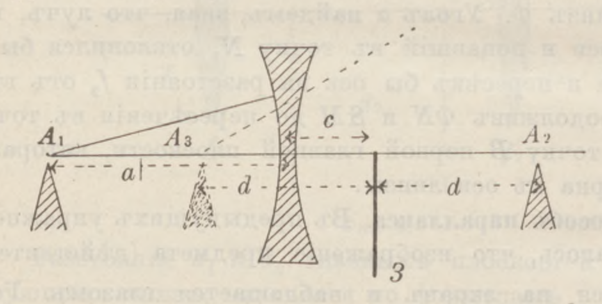


Фиг. 6.

линзы *Л* плоское зеркало *З*. Передъ линзою ставятъ иглу A на такомъ разстояніи, чтобы при перемѣщеніи глаза O

вправо или влѣво остріе иголки A и остріе обратнаго изображенія B иголки совпадали. Тогда разстояніе острія иголки отъ узловой точки O линзы равно фокусному разстоянію.

2. Опредѣленіе фокуснаго разстоянія F разсѣивающей линзы. Закрываютъ половину линзы плоскимъ зеркаломъ $З$. За линзой помѣщаютъ иголку A_1 на разстояніи a отъ линзы и наблюдаютъ мнимое изображеніе A_3 иголки черезъ линзу. Передъ плоскимъ зеркаломъ ставятъ вторую иголку A_2 и наблюдаютъ ея мнимое изображеніе въ плоскомъ зеркалѣ. Передвигаютъ иголку A_2 или зеркало $З$, пока мнимыя изображенія иголокъ A_1 и A_2 не совпадутъ другъ съ другомъ (отсутствіе параллакса). Измѣряемъ разстояніе d иголки A_2 отъ зеркала; изображеніе A_3 находится на такомъ же разстояніи d сзади $З$; измѣряемъ разстояніе c зеркала отъ линзы. Тогда найдемъ разстояніе b изображенія A_3 отъ линзы. Для разсѣивающей линзы



Фиг. 7.

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{(-b)}=\frac{1}{(-F)}.$$

Отсюда найдемъ F

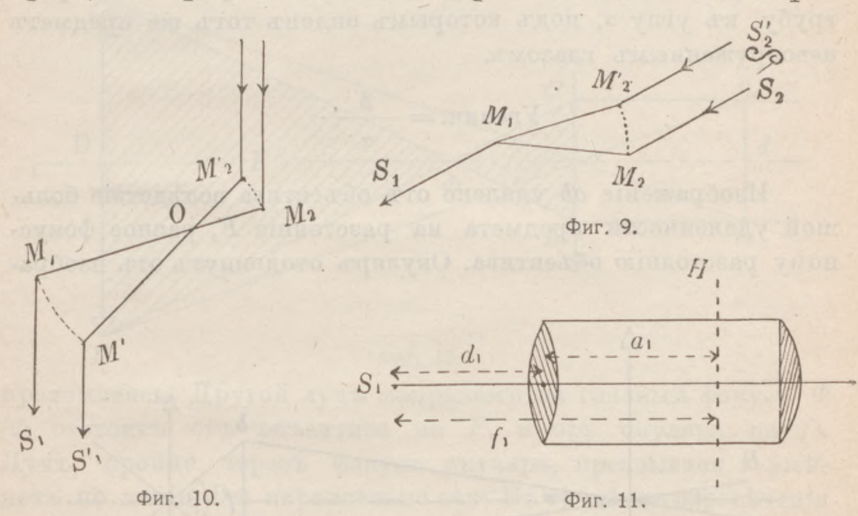
$$F=\frac{ab}{a-b}.$$

9. Измѣреніе узловыхъ точекъ системы линзъ. Узловыя точки системы линзъ суть двѣ точки M_1 и M_2, которыя



Фиг. 8

обладаютъ тѣмъ свойствомъ, что всякій лучъ, направляющійся на M_2, выйдетъ, исходя какъ бы отъ M_1 и имѣя направленіе параллельное входящему лучу. Изъ этого опредѣленія слѣдуетъ, что небольшое вращеніе системы около узловой точки M_1 (фиг. 9), на которую направляется лучъ S_2M_2, S'_2M', не вызоветъ замѣтнаго перемѣщенія изображенія S_1 по экрану. Вращеніе же системы около произвольной точки O (фиг. 10) вообще вызоветъ перемѣщеніе луча S_1M_1 и изображенія удаленной точки S_2. Поэтому для нахожденія узловой точки ставятъ систему линзъ на вращающійся около вертикальной оси столикъ. Если при вращеніи столика изображеніе перемѣстилось въ ту же сторону, что и ближайшій къ изображенію конецъ системы линзъ, то систему надо двигать отъ экрана, пока вращеніе столика не перестанетъ смѣщать изобра-



Фиг. 10. Фиг. 9. Фиг. 11.

женія. Тогда ось вращенія проходитъ черезъ одну узловую точку (назовемъ ее первою). Потомъ поворачиваемъ столикъ на 180° и опредѣляемъ такимъ же образомъ положеніе второй узловой точки, не передвигая при второмъ опытѣ экрана, а только передвигая систему вдоль линейки, пока не попадемъ на такое положеніе, когда ось проходитъ черезъ вторую узловую точку. Въ обоихъ случаяхъ надо также смѣрить линейкою и разстояніе d отъ изображенія до передней линзы. Для удаленнаго предмета S_1 лежитъ въ фокусѣ; фокусное разстояніе f_1 отсчитывается отъ главной плоскости H (фиг. 11), которая проходитъ черезъ узловую точку

(если по обѣ стороны системы находится воздухъ). Тогда

$$f_1 = d_1 + a_1 \text{ и } a_1 = f_1 - d_1.$$

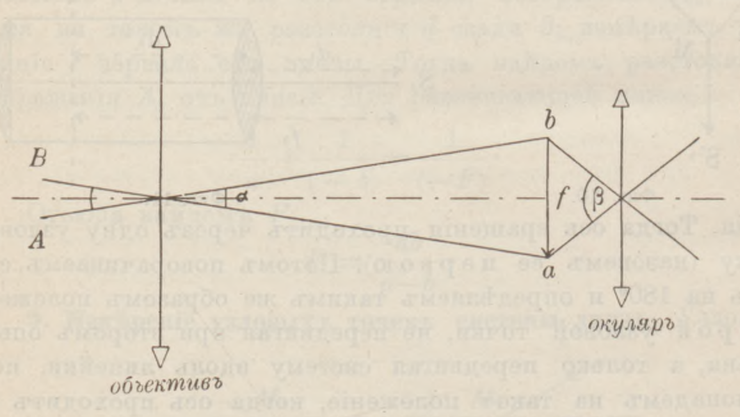
При небольшомъ навыкѣ точнѣе пользоваться методомъ параллакса и иглы, помѣщенной въ фокусѣ линзы.

Если не имѣется подходящаго удаленнаго предмета, можно воспользоваться плоскимъ зеркаломъ и методомъ совпаденія иглы съ ея изображеніемъ. Можно получить искусственно параллельный пучекъ, помѣщая свѣтящуюся точку въ главномъ фокусѣ линзы.

10. Изслѣдованіе увеличенія зрительной трубы способомъ глазного кружка. Увеличеніе зрительной трубы есть отношеніе угла β, подъ которымъ виденъ предметъ черезъ трубу, къ углу α, подъ которымъ виденъ тотъ же предметъ невооруженнымъ глазомъ.

$$\text{Увелич.} = \frac{\beta}{\alpha}.$$

Изображеніе ab удалено отъ объектива вслѣдствіе большой удаленности предмета на разстояніе F, равное фокусному разстоянію объектива. Окуляръ отодвинутъ отъ изобра-



Фиг. 12.

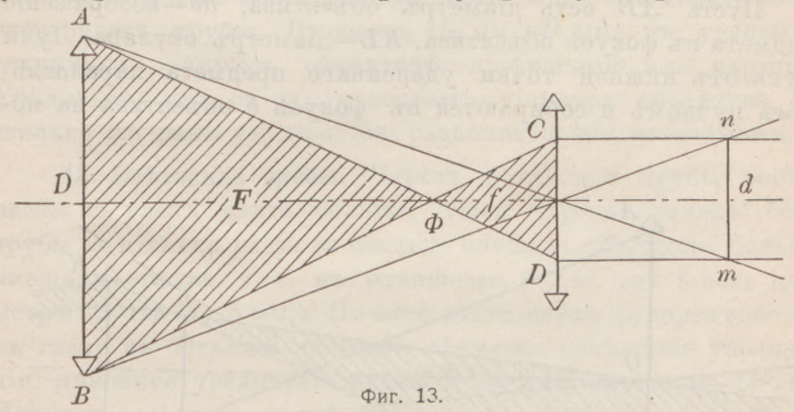
женія ab къ глазу на разстояніе, равное фокусному разстоянію f окуляра. По малости угловъ α и β, можно принять длину ab за дугу, описанную радіусомъ F изъ середины

объектива, или радіусомъ f изъ середины окуляра. Тогда

$$\alpha = \frac{ab}{F}, \quad \beta = \frac{ab}{f},$$

$$\text{увелич.} = \frac{ab}{f} : \frac{ab}{F} = \frac{F}{f}.$$

Увеличеніе трубы равно отношенію фокуснаго разстоянія объектива къ фокусному разстоянію окуляра. Свѣтлое окошко объектива AB даетъ сзади окуляра дѣйствительное уменьшенное изображеніе mn объектива, называемое глазнымъ кружкомъ. Для построенія этого изображенія проведемъ изъ точки A одинъ лучъ черезъ оптическій центръ окуляра—лучъ пройдетъ, не



Фиг. 13.

преломляясь. Другой лучъ направимъ на главный фокусъ Φ (Φ отстоитъ отъ объектива на F, а отъ окуляра на f). Лучъ, пройдя черезъ фокусъ окуляра, преломится и выйдетъ по линіи Dm параллельно оси. Въ точкѣ m пересѣченія этихъ двухъ лучей будетъ изображеніе точки A объектива. Такъ же построимъ изображеніе точки B объектива въ точкѣ n. Величина mn есть діаметръ d глазного кружка (окулярнаго пятна)

$$mn = CD.$$

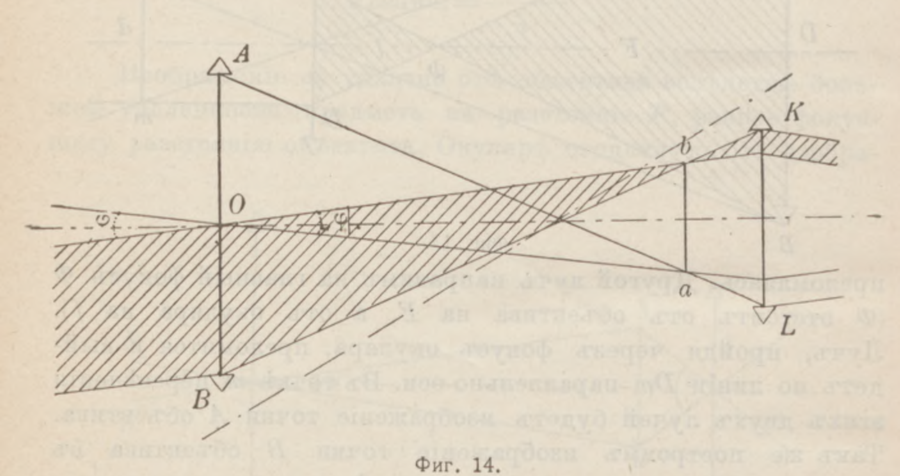
Изъ подобія заштрихованныхъ на чертежѣ треугольниковъ $AB\Phi$ и $DC\Phi$ получимъ, обозначивъ діаметръ объектива черезъ D,

$$\frac{D}{d} = \frac{F}{f} = \text{увелич. трубы.}$$

Итакъ, для измѣренія увеличенія трубы надо измѣрить діаметръ d глазного кружка (линейкою, раздѣленною на $^1/_{10}$ мм. и разсматриваемою черезъ лупу) и взять отношеніе $D : d$. Если въ трубѣ діафрагмою закрыта часть объектива, то надо наклеить на объективъ изъ бумаги квадратное окошко и измѣрить сторону квадрата и сторону изображенія его въ глазномъ кружкѣ. Изъ разсужденія видно, что передъ измѣреніемъ глазного кружка трубу надо навести на очень отдаленный предметъ.

11. Поле зрѣнія трубы. Поле зрѣнія трубы измѣряется угломъ, въ которомъ лежатъ всѣ видимые черезъ трубу предметы.

Пусть AB есть діаметръ объектива, ab—изображеніе предмета въ фокусѣ объектива. KL—діаметръ окуляра. Лучи идутъ отъ нижней точки удаленнаго предмета параллельнымъ пучкомъ и собираются въ фокусѣ b объектива на по-



Фиг. 14.

бочной оси Ob, параллельной падающимъ лучамъ. Въ окуляръ, а потому и въ глазъ попадутъ только тѣ лучи, которые лежатъ внутри угла $bOa = \varphi$, который и служитъ мѣрою поля зрѣнія. Изъ построенія видно, что поле зрѣнія не зависитъ отъ размѣра объектива, а только отъ діаметра окуляра KL и фокусныхъ разстояній F и f. Чѣмъ больше F (а значитъ и увеличеніе $= F : f$), тѣмъ меньше поле зрѣнія.

Для измѣренія поля зрѣнія ставятъ на разстояніи D (возможно большомъ) линейку и смотрятъ, сколько дѣленій N видно черезъ трубу. Тогда

$$\varphi = \frac{N}{D}.$$

По малости φ линейку можно принять за дугу радіуса D.

12. Раздѣлительная способность трубы. Чтобы найти наименьшую угловую величину, различаемую трубой, надо линейку съ мелкими дѣленіями (полумиллиметры) отнести на такое разстояніе D, при которомъ дѣленія перестаютъ различаться (черты дѣленій сливаются). Тогда отношеніе $^1/_2$ мм. къ длинѣ D въ миллим. есть мѣра раздѣлительной способности трубы. Выразить $^1/_2$ мм. : D мм. въ угловыхъ секундахъ. Закрыть объективъ діафрагмой изъ картона. Убѣдиться, что съ уменьшеніемъ діаметра объектива въ столько же разъ ухудшается раздѣлительная способность.

13. Свѣтосила трубы. Черезъ объективъ трубы поступаетъ въ глазъ свѣта больше, чѣмъ черезъ зрачекъ безъ трубы во столько разъ, во сколько площадь объектива больше площади зрачка, т. е. въ отношеніи $D^2 : \delta^2$, гдѣ δ есть діаметръ зрачка (3—5 мм.). Но зато этотъ свѣтъ распредѣляется въ глазу на большой площади сѣтчатки вслѣдствіе увеличенія; линейное увеличеніе равно $D : d$, а по площади $D^2 : d^2$. Поэтому освѣщеніе какой либо части сѣтчатки при разсматриваніи черезъ трубу измѣнится въ отношеніи

$$\frac{D^2}{\delta^2} : \frac{D^2}{d^2} = \frac{d^2}{\delta^2} < 1.$$

Такъ какъ діаметръ d глазного кружка всегда менѣе діаметра зрачка, то освѣщенность сѣтчатки при разсматриваніи черезъ трубу всегда меньше, чѣмъ при разсматриваніи простымъ глазомъ. Отношеніе $\frac{d^2}{\delta^2}$ называется свѣтосилою трубы. Часто свѣтосилою называютъ просто d^2.

С.-Петербургъ.
Физическая лабораторія Михайловской артиллер. Академіи.

Библіографія.

7. Tables annuelles de Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie. V. II. Année 1911. Paris—London—Chicago. 1913. XI + 759 pages in 4⁰. Prix: 30 fr.

Мы уже дали въ прошломъ году („Физ. Обоз.", № 3, 1912 г.) отзывъ объ этомъ замѣчательномъ изданіи международнаго характера. Поэтому намъ остается теперь отмѣтить выходъ въ свѣтъ II-го тома этого сборника постоянныхъ по физикѣ, химіи и технологіи, собранныхъ многочисленными сотрудниками въ обширнѣйшей періодической литературѣ за 1911 годъ. Генеральный секретарь C. Marie выражаетъ удовлетвореніе Международнаго комитета по поводу успѣха, которымъ ознаменовался выходъ въ свѣтъ I-го тома; мы не сомнѣваемся, что этотъ успѣхъ будетъ расти, и что труды Комитета будутъ по достоинству оцѣнены друзьями чистой и прикладной науки.

Г. Де-Метцъ.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ СОДЕРЖАНІЯ

ФИЗИЧЕСКАГО ОБОЗРѢНІЯ.

1910—1913 г.г.[1]).

I. Механика и механическій отдѣлъ физики.

Роше—Погрѣшности измѣреній и ихъ вліяніе на окончательный результатъ. XI, 173. *Бачинскій* — Объ условіяхъ чувствительности вѣсовъ. XI, 183. *Бялобржескій* — Принципъ относительности и его примѣненіе къ механикѣ. XI, 220. *Билимовичъ*—Векторіальный анализъ. XI, 316. *Бигурданъ*—Новый часъ. XII, 286. *Роше* — Вліяніе погрѣшностей наблюденій на окончательный результатъ. XII, 313. *Пино.* Гироскопическій компасъ нѣмецкаго флота. XIV, 176.

Приборы и опыты механическаго отдѣла. *Роше*—Измѣреніе длины. XI, 166, *Слѣсаревскій*—Вѣсы и опредѣленіе плотности. XI, 232. *Вейнбергъ* и *Дудец-*

---

[1]) Указатель содержанія первыхъ десяти томовъ съ 1900 по 1910 гг. изданъ отдѣльно; цѣна въ Редакціи 10 коп.

кій—Консервированіе градинъ и изученіе ихъ микроструктуры. XI, 256. *Роше*—Опредѣленіе плотности атмосфернаго воздуха. XI, 324.—*Слѣсаревскій*—Законъ Архимеда для плавающихъ тѣлъ. Ареометръ съ постояннымъ вѣсомъ. XI, 362. *Яницкій*—Поверхностное натяженіе жидкостей. XI, 366. *Де-Метцъ*—Провѣрка закона Бойля-Маріотта. XI, 368. *Рамсей* и *Грей*—Плотность эманаціи радія. XII. 124. *Кольбе*—О школьныхъ вѣсахъ. XII, 188. *Бялобржескій*—Микровѣсы Стилля и Гранта. XII, 197. *Фридманъ*—Приборъ для опредѣленія уд. вѣса жидкихъ тѣлъ безъ взвѣшиванія. XIII, 183. *Кузнецовъ*—Наклонная плоскость. XIII, 247. *Ясинскій.*—Модель аэромобиля. XIV, 61. *Кольбе.*—Самодѣльная складная наклонная плоскость съ электрическимъ контанктомъ. XIV, 303.

II. Воздухоплаваніе.

Гильдебрандъ—Полеты О. Лиліенталя и О. Шанюта. XI, 83. *Ренаръ*—Аэродинамическія лабораторіи. XII, 179. *Чатлей*—Коэффиціентъ поверхностнаго тренія въ воздухѣ. XIII, 185. *Ренаръ.*—Современное состояніе авіаціи съ технической точки зрѣнія. XIV, 242. *Гальперинъ-Каменскій.* Аэропланъ-гигантъ. XIV, 317.

III. Статьи общаго содержанія.

Кри—Антарктическая экспедиція Шакельтона. XI, 21. *Рутерфордъ*—Строеніе матеріи. XI, 30. *Ллойдъ Морганъ*—Чѣмъ долженъ быть университетъ. XI, 53 *Хмыровъ*—О Броуновскомъ движеніи. XI. 143. *Планкъ*—Единство физическаго міросозерцанія. XI, 68 и 203. *Седжвикъ*—Вліяніе науки на человѣческую жизнь. XII, 24. *Лермантовъ*—По поводу рѣчи проф. Седжвика. XII, 40. *Планкъ*—Отношеніе современной физики къ механическому міросозерцанію. XII, 129. *Гольдгаммеръ*—Новыя идеи въ современной физикѣ. XII, 65 и 151. *Дж. Томсонъ*—Новый методъ химическаго анализа. XIII, 1. *Вейнбергъ*—Практическія цѣли физики. XIII, 16. *Стрэттъ*—Химически дѣятельное видоизмѣненіе азота. XIII, 193. *Вегенеръ*—Наивысшіе слои атмосферы. XIII, 257. *Зиловъ*—Броуновское движеніе. XIII, 366. *Маллеманъ.*—Проектъ организаціи международной службы времени. XIV. 40. *Берже.*—Агонія и смерть Земли. XIV, 340. *Пикаръ.*—Наука и научное изслѣдованіе. XIV. 329.

IV. Теплота.

Кэмбриджское Общество—Мекеровская горѣлка. XI, 290. *Пономаревъ*—Приборъ для измѣренія упругости паровъ. XI, 298. *Корольковъ*—Демонстрація обратимости паровой машины. XI, 345. *Матиньонъ*—О плавленіи снѣга путемъ прибавленія постороннихъ веществъ. XI, 355. *Роше*—Провѣрка основныхъ точекъ термометра. XI, 370. *Яницкій*—Наблюденіе охлажденія сосуда и вычерчиваніе кривой. XII, 54. *Слѣсаревскій*—Опредѣленіе точки плавленія твердаго тѣла. XII, 56. *Яницкій*—Опредѣленіе критической температуры сѣрнаго эфира. XII, 58. *Роше*—Измѣреніе коэффиціента линейнаго расширенія твердаго тѣла. XII, 60. *Смайзельсъ*—Пламя. XII, 97. *Де-Метцъ*—Измѣреніе коэффиціента расширенія жидкости. XII, 265. *Де-Метцъ*—Измѣреніе коэффиціента расширенія воздуха. XII, 323. *Слѣсаревскій*—Опредѣленіе удѣльной теплоты по способу

смѣшенія. Опредѣленіе скрытой теплоты таянія льда. XII, 328. *Стемпневскій*— Способъ непосредственнаго нагрѣванія въ ученіи о количествѣ теплоты. XIII, 122. *Рамнекъ*—Опредѣленіе точки плавленія легкоплавкихъ тѣлъ. XIII, 127. *Планкъ*— Энергія и температура. XIII, 129.—*Постниковъ*—Объ измѣреніи коэффиціента истиннаго расширенія жидкостей. XIII, 179. *Малиновскій*—О переохлажденіи. XIII, 225. *Липшицъ.*—Приборъ для демонстраціи и измѣренія расширенія твердыхъ тѣлъ. XIV 63. *Шепелевъ.*—Энтропія и ея основное свойство. XIV, 80. *Розенбергъ.*—Температура звѣздъ. XIV, 255.

V. Звукъ.

Гезехусъ—Скорость звука въ воздухѣ по новѣйшимъ даннымъ. XI, 265. *Де-Метцъ*—Измѣреніе скорости распространенія звука въ воздухѣ по резонансу. XII, 364. *Де-Метцъ*—Опредѣленіе скорости звука по способу пыльныхъ фигуръ Кундта. XII, 367. *Оноре*—Говорящій кинематографъ Гомона и д'Арсонваля. XII, 357. *Ліоре*, *Дюкрете* и *Роже*—Регистрированіе на разстояніи телефонной передачи на фонографныхъ цилиндрахъ и дискахъ. XIII, 254. *Гезехусъ.*—Звукопроводность. XIV, 278. *Бургиньонъ.* — Измѣреніе скорости звука. XIV. 312.

VI. Свѣтъ.

Боргманъ—Электричество и свѣтъ. XI, 1. *Лебедевъ*—Свѣтовое давленіе. XI, 98. *ф. Гюбль* и *Шефферъ*—Новыя пластинки для цвѣтной фотографіи. XI, 129. *Рэлей*—Цвѣтъ моря и неба. XI, 194. *Богословскій*—Капиллярныя волны и принципъ Гюйгенса. XI, 260. *Блокъ*—Современныя гипотезы о структурѣ свѣта. XII, 238. *Оноре* — Фотографированіе невидимыми лучами по способу проф. Р. Вуда. XII, 309. *Слѣсаревскій*—Измѣреніе фокуснаго разстоянія. XII, 370. *Слѣсаревскій*—Измѣреніе показателя преломленія стекла изъ построенія при помощи булавокъ. XII, 377. *Слѣсаревскій*—Сравненіе яркостей источниковъ свѣта. XIII, 36. *Яницкій*—Упражненіе со спектроскопомъ. XIII, 43. *Зиловъ*—Давленіе свѣта. XIII, 65. *Деландръ*—Строеніе солнечной атмосферы. XIII, 87. *Самсоновъ.*—О фосфоресценціи и флуоресценціи. XIV, 1, 65, 129. *Вильсонъ.*—Къ теоріи спектральныхъ серій XIV. 23. *Баевъ.*—Современныя теоріи Солнца. XIV, 29. *Рѣпьева.*—Оптическая пирометрія и фотометръ Л. Вебера, какъ оптическій пирометръ. XIV, 100. *Шмидтъ* и *Генчъ.*—Шаровой эпископъ, новый проекціонный аппаратъ для прозрачныхъ и непрозрачныхъ предметовъ. XIV, 125. *Малиновскій.*—Фотоэлектрическій способъ измѣренія силы свѣта. XIV. 161. *Корольковъ.*—Практическія работы съ линзами и трубами. XIV. 361.

VII. Электричество и магнитизмъ.

Шустеръ—О нѣкоторыхъ явленіяхъ атмосфернаго электричества и ихъ связи съ дѣятельностью солнца. XI, 329. *Дж. Томсонъ*—Эѳиръ и электричество. XII, 1. *Варбургъ*—Международная величина электродвижущей силы нормальнаго элемента Вестона. XII, 64. *Яницкій*—Распредѣленіе магнитизма въ магнитной полосѣ. XIII, 47. *Штейнбергъ*—Опыты съ іонными потоками въ воздухѣ. XIII, 281. *Вольфенсонъ.* — Мнемоническія правила въ ученіи объ электричествѣ. XIV, 48. *Корольковъ*—О самовозбужденіи динамомашинъ. XIV,

144. *Ильинъ.*— О фотоэлектрическомъ эффектѣ. XIV, 147. *Вилларъ.*—Электрическій токъ и прямая линія. XIV, 234.

Катодные лучи и радіоактивность. *Борманъ* — Электричество и свѣтъ. XI, 1. *Рутерфордъ*—Строеніе матеріи. XI, 30. *Соколовъ* — Радіоактивность земли. XI, 104. *Уильсонъ* — Электрическія свойства пламени. XI, 155. *Шишковскій*—Новѣйшіе результаты опредѣленія величины элементарнаго электрическаго заряда. XI, 126. Полоній. XI, 188. Радіологическій институтъ въ Лондонѣ. XI, 184. *Рамсей* и *Грей*—Плотность эманаціи радія. XII, 124. *Шишковскій*—Новѣйшіе взгляды на строеніе атомовъ. XII, 34. *Ленардъ*—О лучахъ сѣвернаго сіянія. XIII, 30. *Бялобржескій.*—Объ опытахъ Вильсона. XIV, 193. *Гулевичъ.* — Катодные лучи внутри электрическихъ калильныхъ лампочекъ. XIV, 314. *Леви.*—Интерференція рентгеновскихъ лучей и видимость кристаллографической рѣшетки. XIV. 321.

Приложенія электричества. *Стабинскій*—Новый счетчикъ электрическаго тока. XI. 309. Новая пишущая машинка для телеграфированія, системы Череботани. XI, 349. Телерайтеръ. XII, 108. *Маркони*—Трансатлантическій безпроволочный телеграфъ. XII, 209. *Дюссо*—Холодный свѣтъ. XII, 271. *Клодъ*—Освѣщеніе неоновыми трубками. XII, 272, *Урбенъ*, *Скаль* и *Фежъ*—Новаго типа дуговыя лампы съ ртутнымъ катодомъ и бѣлымъ свѣтомъ. XIII, 164 *Ротэ*—Научныя примѣненія безпроволочнаго телеграфа. XIII, 208. *Бюиссонъ.*—Приготовленіе лампъ накаливанія съ вольфрамовымъ волокномъ. XIV, 111. *Стабинскій.* — Новый детекторъ Гельсбея. XIV, 182. *Арко.*—Современное состояніе безпроволочной телеграфіи. XIV, 205. *Бутарикъ.*—Щелочный аккумуляторъ желѣзо-никкель. XVI, 289.

Электрическіе приборы и измѣренія. *Кольбе*—Электродинамическій маятникъ для демонстрированія взаимодѣйствія между токами и магнитами и для употребленія въ качествѣ простого гальваноскопа. XI. 300. *Штейнбергъ*—Діэлектроскопъ. XII, 191. *Вольфенсонъ* — Школьный гальванометръ въ отвѣтвленіи. XII. 254. *Вольфенсонъ*—Приборъ для показанія паденія потенціала въ цѣпи. XII, 193. *Де-Метцъ* — Измѣреніе силы тока тангенсъ-гальванометромъ. XIII, 169. *Де-Метцъ* — Измѣреніе энергіи тока въ лампочкѣ накаливанія. XIII, 231. *Слѣсаревскій*—Упражненіе съ мостикомъ Витстона. XIII, 235. *Татариновъ*—Какъ сдѣлать добавочныя сопротивленія къ универсальному гальванометру Гартмана-Брауна безъ помощи другихъ измѣрительныхъ приборовъ. XIII, 252. *Руштратъ.*—Аппаратъ для демонстраціи закона Фарадея. XIV, 54. *Вольфенсонъ.*—Приборы для провѣрки законовъ сопротивленія проводниковъ и школьный реостатъ. XIV, 122. *Де-Метцъ.* — Измѣреніе внутренняго сопротивленія гальваническаго элемента. XIV, 252.

VIII. Педагогическіе вопросы.

Блейнъ—Практическія занятія по физикѣ въ Англіи. XI, 58. *Де-Метцъ*—Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ. XI. 191. *Дельвалезъ*—Обзоръ преподаванія физики въ средней школѣ во Франціи. XI, 268. *Кисилевъ*—О преподаваніи физики въ средне-учебныхъ заведеніяхъ въ Россіи. XI, 279. *А. Г.*—Успѣхи преподаванія физики въ нѣмецкой средней школѣ. XII, 83. *Кольбе*—Къ методикѣ преподаванія физики. XII, 111. *Гернъ*—Опытъ веденія практиче-

скихъ занятій по физикѣ, обязательныхъ для всѣхъ учащихся. XII, 169. *Ганъ*—Преподаваніе физики въ Баварскихъ высшихъ реальныхъ училищахъ въ связи съ преобразованіемъ практическихъ занятій для учениковъ. XII, 297. *Челюсткинъ*—Педагогическая выставка въ Ригѣ. Отдѣлъ физики. XIII, 49. *Дельвалезъ*—Преподаваніе физики во французскихъ средне-учебныхъ заведеніяхъ на Международной выставкѣ 1910 г. въ Брюсселѣ. XIII, 110. *Дмитріевъ*—Къ постановкѣ практическихъ занятій по физикѣ за границею. XIII, 125. *Челюсткинъ*—О лабораторныхъ урокахъ по физикѣ. XIII, 87. *Дмитріевъ*—Устройство дешевой лабораторіи. XIII, 166. *Знаменскій*—Практическія занятія по физикѣ въ средней общеобразовательной школѣ. XIII, 285. *Грудинскій*—Объ устройствѣ механическихъ лабораторій въ среднихъ техническихъ училищахъ. XIII, 351. *Зонненштраль*—Подготовка преподавателей физики во Франціи. XIV, 167.

IX. Некрологи и біографіи.

Некрологъ проф. Н. Н. Шиллера. XI, 376. Некрологъ проф. Е. А. Роговскаго и А. І. Іолосса. XII, 272. *Косоноговъ* — Н. Н. Шиллеръ. Біографическій очеркъ. XII, 337. 200-лѣтіе со дня смерти проф. Рихмана. XII, 389. *Марголинъ*—Памяти Н. Н. Бекетова. XIII, 160. *Боргманъ*—П. Н. Лебедевъ. XIII, 321. *Де-Метцъ.*—Труды М. В. Ломоносова по физикѣ. XIV. 257.

X. Описаніе учрежденій и отчеты о съѣздахъ.

Де-Метцъ—Первое десятилѣтіе „Физическаго Обозрѣнія". XI, 65. *Челюсткинъ* — Отчетъ о дѣятельности Рижскаго Педагогическаго Общества. XI, 327. Ломоносовская премія. XI, 191. *Бялобржескій*—Конгрессъ по радіологіи и электричеству въ Брюсселѣ. XII, 43. *Ипатьевъ*—Къ созданію Ломоносовскаго Института. XII, 202. Ломоносовская выставка. XII, 204. Ломоносовскій Институтъ. XII, 387. Второй Менделѣевскій съѣздъ по общей и прикладной химіи и физикѣ. XII, 390. Первый Всероссійскій съѣздъ преподавателей математики. XII, 391. *Зонненштраль*—Второй Менделѣевскій съѣздъ. Отдѣлъ методовъ преподаванія физики и химіи. XIII, 144. Сейсмическая станція въ Пулковѣ. XIII, 185. XIII съѣздъ русскихъ естествоиспытателей и врачей въ Тифлисѣ. XIV 64. Первый Всероссійскій съѣздъ преподавателей физики, химіи и космографіи въ С.-Петербургѣ. XIV, 183. Московскій педагогическій институтъ имени П. Г. Шелапутина. XIV, 185. Общество изученія и распространенія физическихъ наукъ въ Москвѣ. XIV, 187. *Сартонъ.*—Двухсотпятидесятилѣтіе Лондонскаго Королевскаго Общества. XIV, 218.

XI. Портреты.

П. А. Зиловъ. XI, 65. О. Лиліенталь. XI, 84. О. Шанютъ. XI, 93. Дж. Дж. Томсонъ. XII, 1. Максъ Планкъ. XII, 129. Н. Н. Шиллеръ. XII, 337. П. Н. Лебедевъ. XIII, 321. М. В. Ломоносовъ. XIV, 257.

КОНЕЦЪ XIV ТОМА.